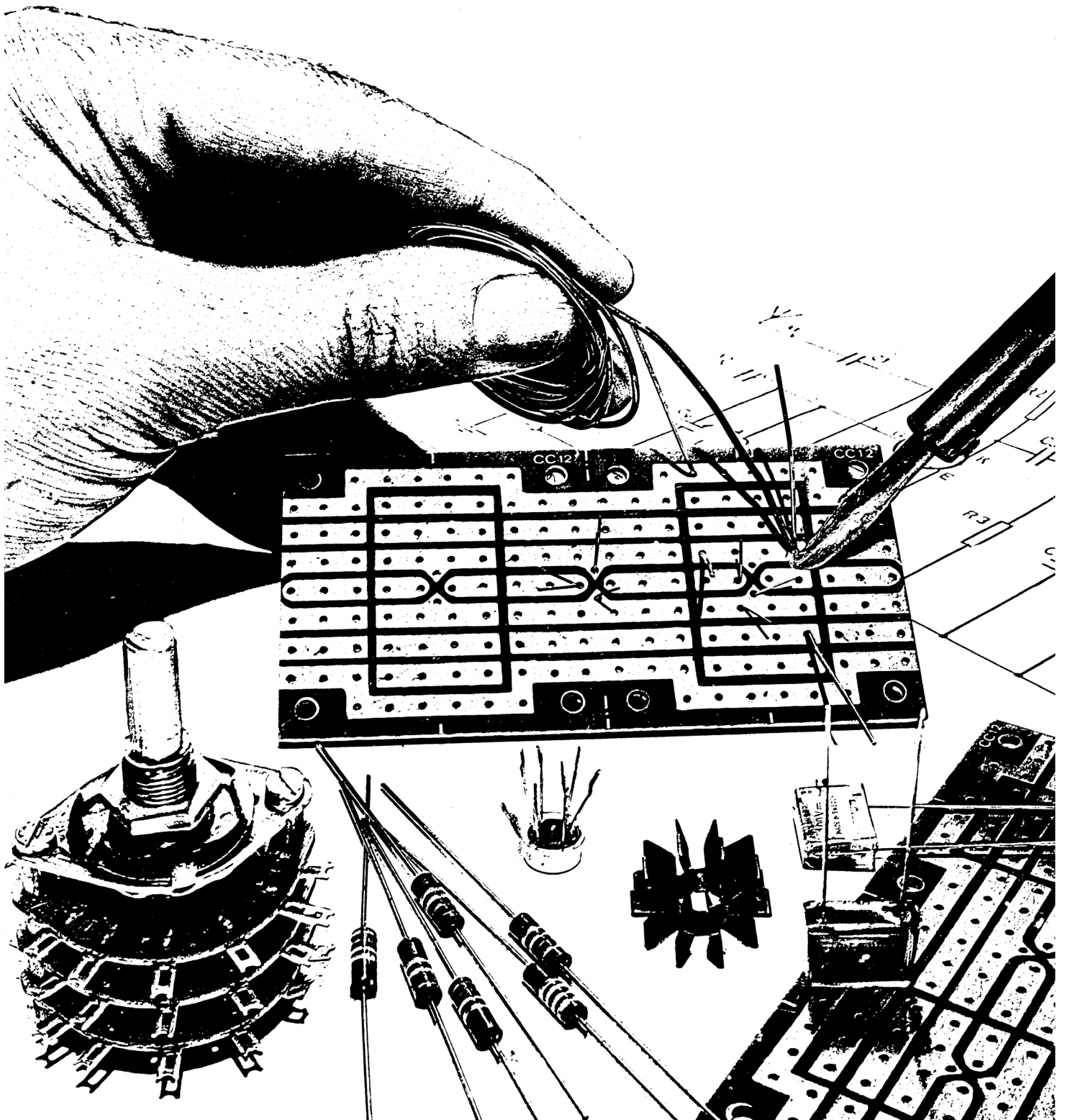


JOHN SCHRÖDER

bygg
lära

RADIOTEKNIK 1





JOHN SCHRÖDER

Radioteknik 1



P A Norstedt & Söners förlag
Stockholm

© *John Schröder 1971*

Kungl. Boktryckeriet P. A. Norstedt & Söner 1971
Stockholm 707097

Innehåll

Förord	7
1. Radion som hobby	9
2. Verktyg för radiobygge	21
3. Foliekort och monteringsplattor	33
4. Så löder man	41
5. Frekvens och våglängd	51
6. Resistorer och resistans	63
7. Kondensatorer och kapacitans	79
8. Induktorer och induktans	99
9. Att beräkna och linda spolar	111
10. Resonanskretsar	123
11. Halvledardioder och halvledarkondensatorer	142
12. Om transformatorer	151
13. Vi bygger en enkel lokalmottagare	163

- 14. Något om antenner för mellanvåg 176
- 15. Att förstärka signaler 187
- 16. Schemasymboler och principscheman 201
- 17. Bygg in förstärkning i lokalmottagaren 215
- 18. Integrerade kretsar 229
- 19. Lyssna tyst till TV 239
- 20. Snabbtelefon med integrerad krets 249
- 21. Återkopplad mottagare för mellanvåg och kortvåg 262
- 22. Schema med variationer 275
- Register 282

Förord

Bygg och lär, Radioteknik 1, är en helt nyskriven upplaga av *Radiobyggboken* del 1, som utkom 1956 och som sedan dess utkommit i åtskilliga upplagor och översatts till flera språk. Denna bok är liksom *Radiobyggboken* att uppfatta som en lättfattlig kurs i radioteknik baserad på hobbybygge av radioapparat. Parallellt med utförliga praktiska anvisningar för apparaternas uppbyggnad och konstruktion ges en tämligen utförlig genomgång av den bakomliggande teorin och verkningsättet för de beskrivna apparaterna. Boken är därför särskilt lämpad för den som genom praktiskt radiobygge vill skaffa sig grundläggande kunskaper i radioteknik, kunskaper som kan utgöra en god grund för vidareutbildning på radioområdet och på det elektroniska området. Även som hjälpmedel vid kurser och som komplement till mer regelrätt utformade läroböcker i radioteknik bör den liksom fallet varit med *Radiobyggboken* finna viss användning.

I *Bygg och lär, Radioteknik 1* har elektronrören fått stryka på foten för transistorer och integrerade kretsar. Bokens byggobjekt har genomgående anknutits till komponenter, foliekort och konstruktionselement som med största sannolikhet kommer att finnas tillgängliga på svenska marknaden under åtskilliga år framåt eller som man med enkla medel kan tillverka själv. Samtliga konstruktioner har utprovats i flera prototypexemplar.

Bygg och lär-serien kommer att omfatta två radiodelar. Föreliggande del utgör "nybörjardelen"; i del 2 behandlas radiokonstruktioner av mera avancerad natur, konvertrar för KV, VHF och TV-UHF, kompletta mottagare för AM och FM, samt VHF- och UHF-antennar.

John Schröder

1. Radion som hobby

en fascinerande lek med tekniska hjälpmedel med ett inslag av spännande tävlan.

Radion som hobby fick sitt egentliga uppsving här i landet omkring 1920, dvs. vid den tid då man började använda sig av radio för överföring av tal och musik för underhållning. De som var med på den tiden minns hur detta att bygga kristallmottagare blev en veritabel fluga, som man med växlande framgång sysslade med i praktiskt taget alla hem.

Efter hand som radioindustrin kom igång med serietillverkning av billiga och effektiva ljudradiomottagare, svalnade snabbt den breda allmänhetens intresse för hemmabygge av sådana mottagare. I stället har det undan för undan tillkommit andra tillämpningar av radioteknik, som visat sig vara lämpliga och lockande för radioteknisk hobbyverksamhet, hemmabygge och experiment.

Amatörradio

En av de första amatöraktiviteterna på radioområdet var s.k. amatörsändning, dvs. privata experiment med radiosändning. Redan före 1920 fick en del privatpersoner här i landet myndigheternas tillstånd att syssla med sådana privata sändningsexperiment. För att inte störa annan radiotrafik förvisades de av myndigheterna till våglängder under 200 m, dvs. till de korta vågorna, som på den tiden ansågs värdeflösa för radiokommunikation över längre distanser.

Det dröjde emellertid inte länge förrän sändaramatörerna uppdagade de fantastiska möjligheter som kortvågorna erbjöd: att med enkel radioteknisk apparatur uppnå världsomspännande radioförbin-

delser. Därmed var dörren öppnad för en av de mest fascinerande hobbyaktiviteter som vår tid känner: amatörradion.

Amatörradio är även i dagens läge en av många uppskattad hobby; särskilt värdefullt är att den radiotekniska apparatur som behövs för att kommunicera med t. ex. USA eller Japan inte behöver vara komplicerad eller dyrbar. Apparaturen behöver inte kosta mer än en ordinarie skivspelarläggning, och den kan också mycket väl byggas av amatören själv.

DX-lyssning, "TV-DX"

Ett exempel på senare års hobbytillämpningar inom det radiotekniska området är *DX-ing*, dvs. lyssning företrädesvis på kortvåg av fjärran belägna radiosändare. Då förstklassiga kortvågsmottagare, s.k. kommunikationsmottagare, är rätt dyra, lönar det sig ofta att bygga kortvågsmottagare med lämpliga egenskaper för DX-ing eller att komplettera en befintlig mottagare med preselektorer eller konvertrar, S-metrar m. m. för att öka mottagarens prestanda.

"TV-DX", dvs. långdistansmottagning av television, kan — särskilt på sommaren — vara synnerligen givande, då TV-stationer på 1 000-tals kilometers distans mer eller mindre sporadiskt kan uppfattas på bildskärmen.

"Hem-ljudstudio"

Ett annat med radion närbesläktat område, som under de senaste åren blivit en av många uppskattad hobby, är *hi-fi-tekniken*, dvs. high fidelity-tekniken, som sysslar med apparatur för högklassig ljudåtergivning. På detta område har också en amatörbyggare åtskilligt att syssla med. Han kan med gott resultat, tekniskt och ekonomiskt, själv bygga sina förstärkare, högtalarlådor etc. Det finns också en hel del kringapparatur, t. ex. audiofilter av olika slag och mixeranordningar och andra tillsatser, som lämpar sig väl för hemmabygge och experiment.



Fig. 1.1 Knappast någon fritidsverksamhet torde ge så fantasieggande möjligheter som radiotekniken, utnyttjad för hobbyändamål. Det kanske mest påtagliga exemplet härpå är amatörsändning. Sändaramatören kan med relativt enkla och okomplicerade apparater, som han mycket väl själv kan bygga och trimma, nå kontakt per radio med kolleger på enorma avstånd. Det finns i praktiken ingen gräns för hur långt hans sändare kan nå. Men sändaramatören odlar inte endast vänskapsförbindelser jorden runt, han kan också bistå vetenskapsmännen med vågutbredningsförsök. Många amatöruppfinningar har länkat in radiotekniken på nya spår. Amatörernas pionjärinsatser på kortvåg har exempelvis varit utomordentligt betydelsefulla. Många kända radiotekniker och elektroniker av facket i Europa och Amerika är eller har varit sändaramatörer.



Fig. 1.2 Antenner av alla slag är tacksamma byggobjekt för en radioamatör. Bilden visar en hemmabyggt antenn byggd av en amerikansk amatör för rymdradiomottagning. Den används för mottagning av telefotosändningar från de vädersatelliter som sänds upp av amerikanska rymdfartsstyrelsen. Från dessa satelliter erhålls telefotobilder som kan registreras bl. a. med polaroidkamera.

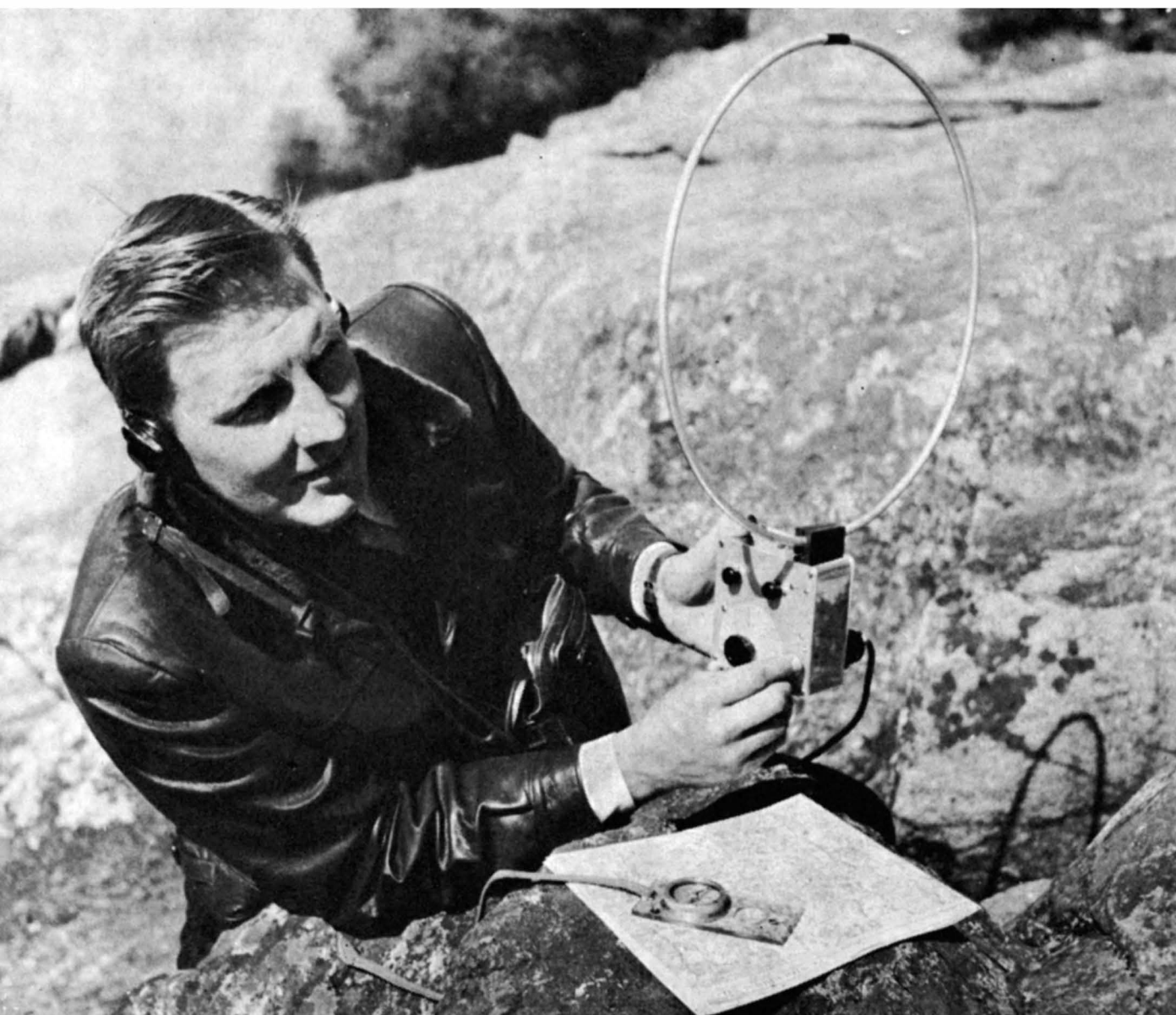


Fig. 1.3 Rävjakt är en speciell variant av kortvågsslyssning. Det gäller att i tävlan med andra med hjälp av peilmottagare lokalisera en i terrängen dold "räv" bestående av en väl kamouflerad kortvågssändare, som sänder under korta intervaller.

Konvertrar för "nya" frekvenser

De frekvensband som man kan ta emot i vanliga radiomottagare för ljudradio täcker endast en mycket liten del av de frekvensband som är upplåtna för radiotrafik. Det är relativt enkelt att med små tillsatser, s. k. konvertrar, göra det möjligt att utnyttja en vanlig mottagare även för dessa mera "ovanliga" frekvensband, t. ex. banden för fiske-

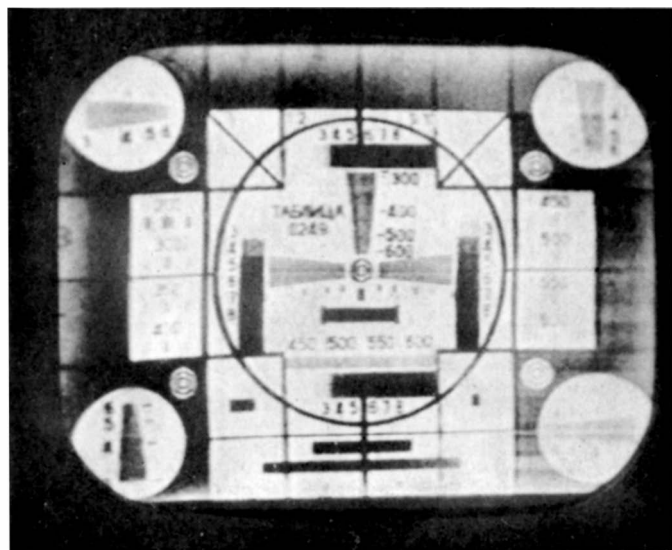
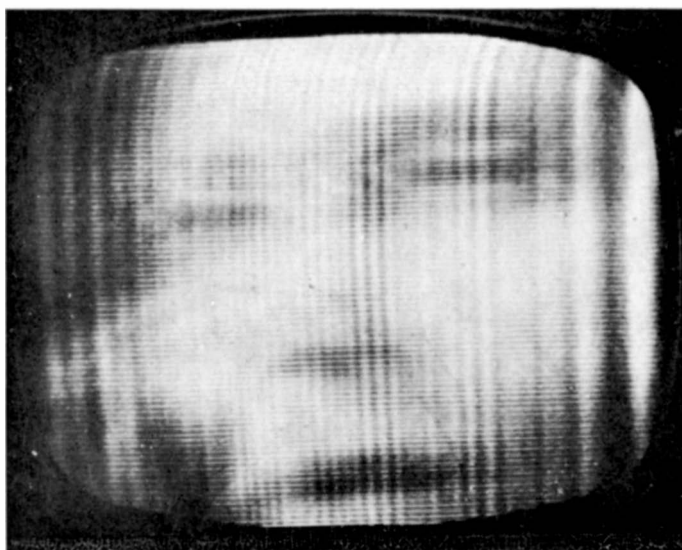


Fig. 1.4 TV-DX-långdistansmottagning av TV-stationer är under vissa betingelser och på vissa TV-kanaler möjlig över mycket stora avstånd. Bilderna visar t.v. en i Sverige direkt mottagen TV-bild från USA eller Kanada och t.h. en rysk TV-provbild som tagits emot i Sverige.

båtar omkring 2 MHz, VHF-banden för fasta och rörliga stationer, flygnavigering, amatörer, privatradio och rymdstationer. Sådana konvertrar kan med enkla medel tillverkas av en amatörbyggare.

FM-tillsatser och -antenn

Televisionen och FM-rundradion erbjuder också verksamhetsfält för radiointresserade. Det lönar sig inte längre att bygga sin egen televisionsmottagare, men s. k. FM-tillsatser är fortfarande tacksamma bygg-själv-objekt. I fråga om antenner för FM-mottagare och TV-mottagare finns det åtskilligt att göra; i synnerhet i sändarnas yterområden, där fältstyrkan är låg, kan ofta en rationellt byggd antennanläggning göra underverk för att förbättra mottagningen. Inte minst gäller detta för färg-TV på UHF.

Privatradio

Privatradio är en relativt ny form av radiokommunikation som innehåller en hel del av intresse för radioamatören. Privatradio som arbe-

tar på radiofrekvenser motsvarande våglängder mellan kortvåg och ultrakortvåg får utnyttjas av vem som helst för privat radiokommunikation över kortare distanser. Det kostar inte mycket att skaffa sådant "privatradiotillstånd" (årsavgiften är endast 20: — kr.), och privatradioapparater kan köpas till ett pris som motsvarar kostnaden för en vanlig svart-vit TV-mottagare. Kring apparaterna i en privatradiostation kan en hel del tillsatsapparaturs byggas, som ökar apparaternas effektivitet och betjäningskomfort, tillsatser som väl lämpar sig för amatörbygge.



Fig. 1.5 DX-lyssning innefattar många intressanta aspekter: att lyssna på främmande sändare på andra kontinenter, att följa radioutrustade expeditioner, att lyssna på signaler från rymdsonder och bemannade rymdfarkoster, att experimentera med olika mottagarkopplingar, antenner m. m.

Radiostyrning av modeller

Radiostyrning av modeller — modellbåtar och modellflygplan — är en hobby med många entusiastiska utövare. Det finns ett särskilt frekvensband — som för övrigt gränsar till privatradiobandet — upplåtet enbart för experiment av detta slag. Apparatur för radiostyrning finns att köpa, men man kan mycket väl själv bygga utrustningar — såväl sändare som mottagare — för detta ändamål.

Elektronisk musik

Att bygga *elektroniska musikinstrument*, slutligen, är en annan hobbygren som utnyttjar radioteknikens arsenal av hjälpmedel — ett fascinerande verksamhetsfält för en experimentlysten radioamatör.

Transistorerna och de integrerade kretsarna ”amatörvänliga”

Transistorerna och de integrerade kretsarna, som numera ersätter elektronrören i de allra flesta radiotekniska tillämpningar (utom när det gäller hög effekt, hög spänning eller extremt hög frekvens), har avsevärt utökat amatörernas byggmöjligheter när det gäller radiotekniska och elektroniska apparater. Orsaken härtill är dels att transistorerna är billigare än rören, dels att de kräver anspråkslösa och billigare strömkällor. Samma sak gäller de integrerade kretsarna som i sig innefattar tiotals transistorer och som utgör kompletta funktionsenheter. För amatören utgör de integrerade kretsarna en fin genväg vid alla slag av hemmaexperiment med radioteknisk apparatur.

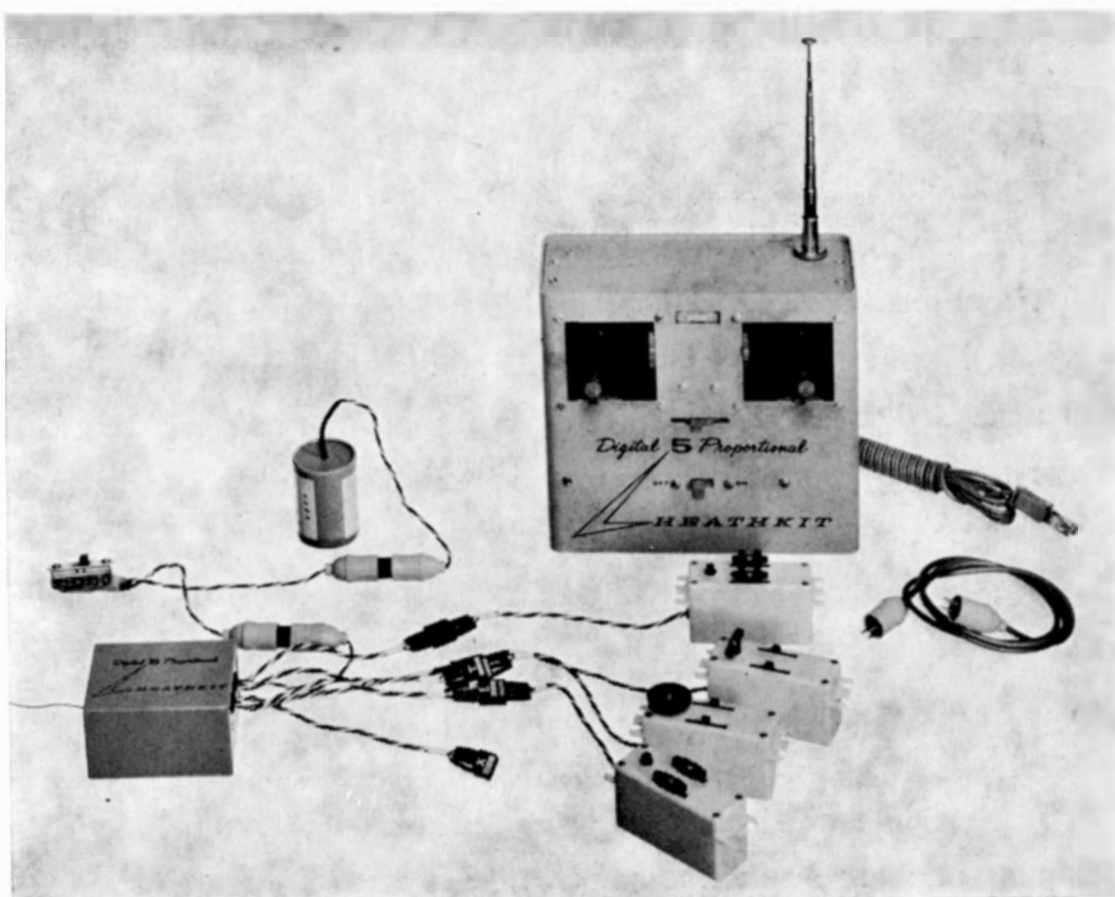
Genom att man när det gäller transistorer kan arbeta med spänningar av storleksordningen något eller några tiotal volt blir apparaterna absolut ofarliga att arbeta med.

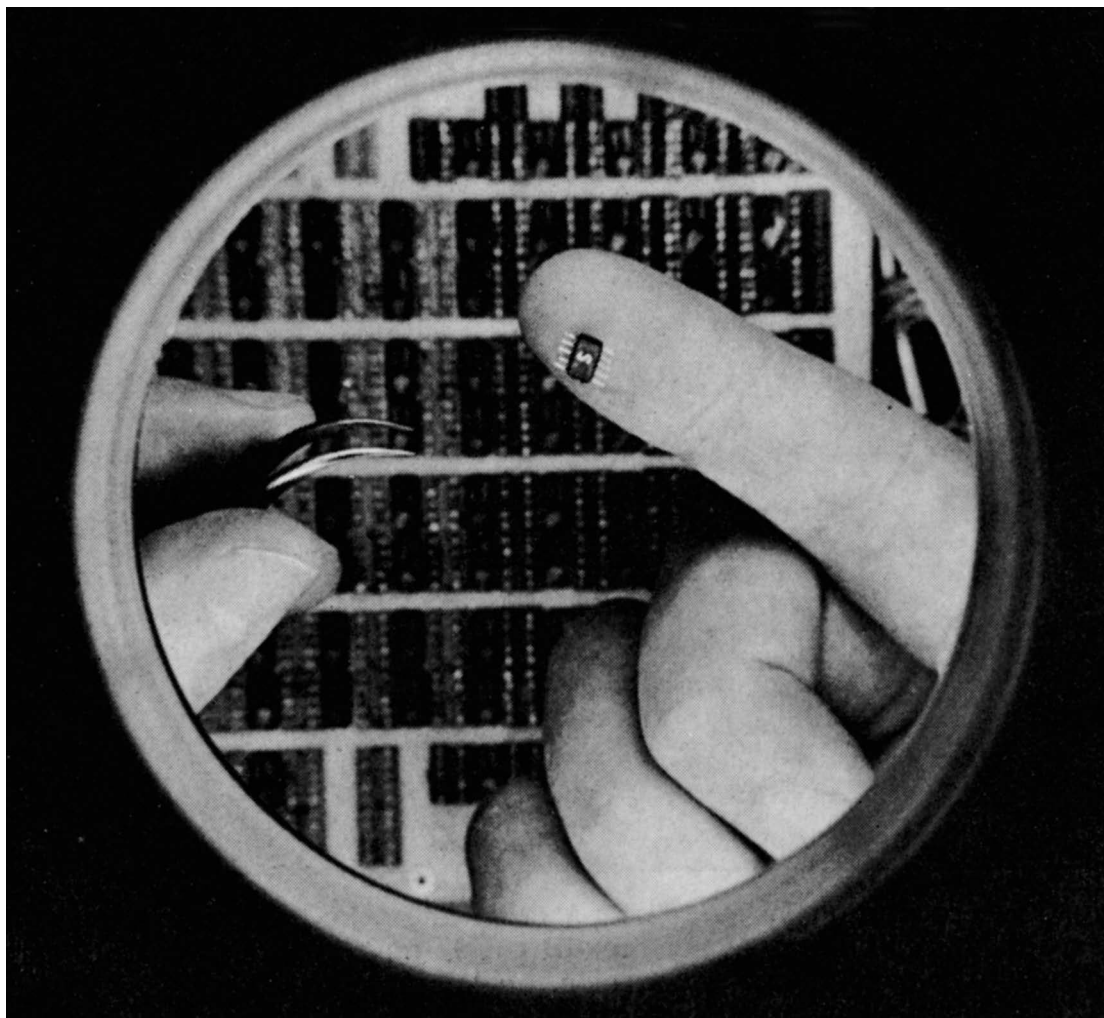
Foliekort förenklar också amatörbygge

Radioapparater och förstärkare byggs numera mest på s. k. foliekort, dvs. isolerade plattor på vilka man etsat fram ett ledningsmönster som komponenterna löds in till. En mängd tråkig och tidsödande



Fig. 1.6 Manövrering av modeller på radio är en hobby som ger sina utövare tillfälle till intressant konstruktivt pyssel på hög teknisk nivå. Dagens behändiga miniatyrkomponenter, bl. a. de integrerade kretsarna, har avsevärt ökat möjligheterna att bygga små och driftsäkra apparater för radiostyrning av t. ex. båt- och flygplansmodeller.





ledningsdragning försvinner när man arbetar med kretskort, och många risker för förargliga felkopplingar elimineras.

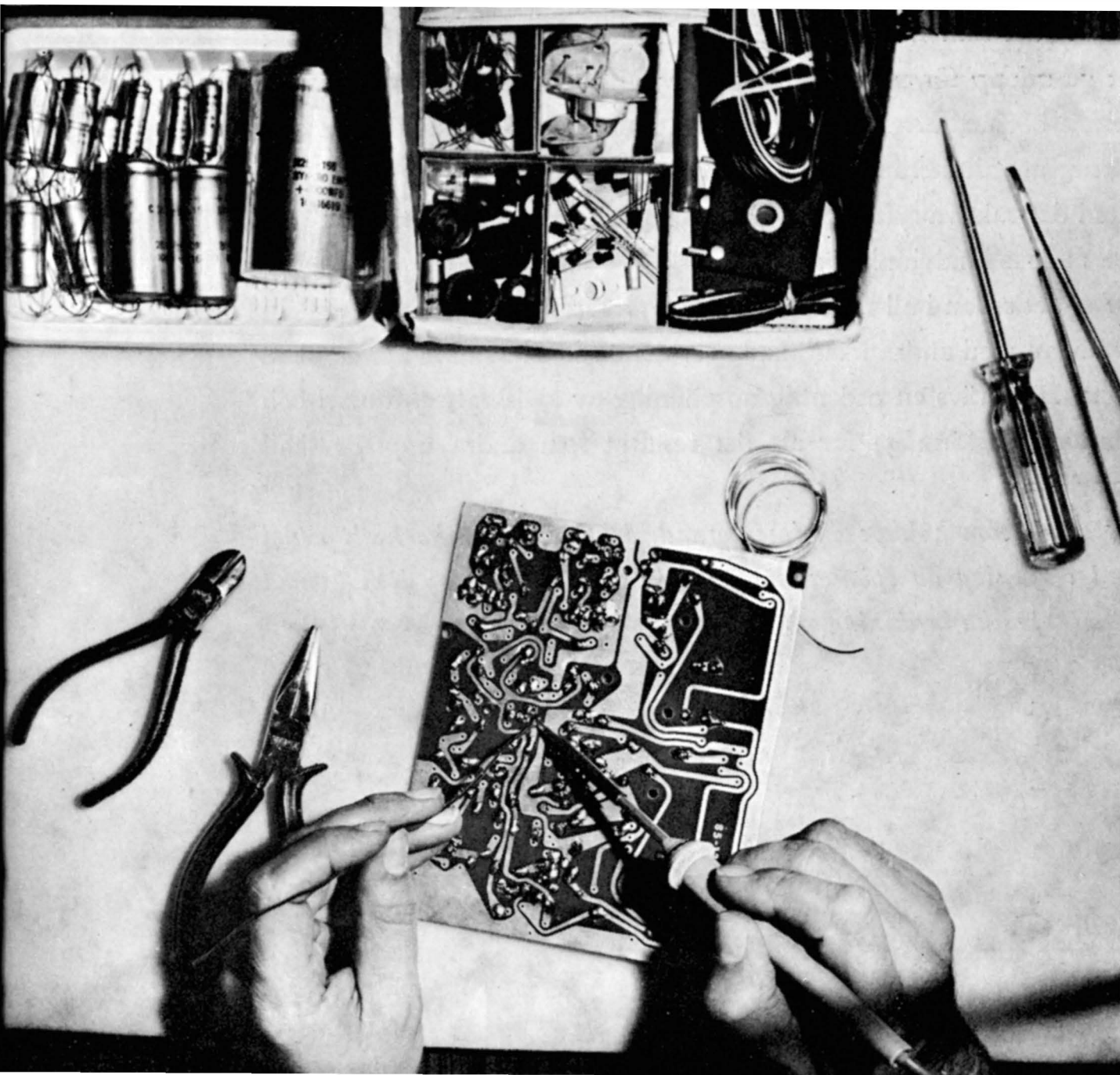
Att amatörtillverka kretskort är i och för sig inte så svårt, men den som inte är road av det kan använda sig av s. k. universalkretskort med färdigt kretsmönster. Sådana standardiserade kretskort förenklar amatörbyggandet i hög grad och gör bygganvisningarna mycket enkla och lättförståeliga.

En fascinerande hobby

Det är svårt att precisera vari tjusningen med radioteknisk hobbyverksamhet ligger. Därtill omspanner den alltför mångskiftande områden. Men det kan sägas att alla grenar av amatörradio i sig innefattar ett moment av tävling som är ägnat att stimulera livsandarna

Fig. 1.7 Tillkomsten av nya komponenter, t. ex. integrerade halvledarkretsar som utgör kompletta funktionsenheter, gör det möjligt för amatörer att själva konstruera även relativt komplicerade elektroniska apparater. Bilden visar en integrerad krets som innefattar ett 40-tal komponenter och som ingår i en radiomottagare för flygnavigering. Integrerade kretsar utgör en intressant genväg för både radiokonstruktörer och radioamatörer som snabbt vill komma fram till färdiga apparater med avancerade data.

Fig. 1.8 Monteringsplattor med tryckt ledningsdragning, s. k. foliekort, förenklar i hög grad allt radiobygge. Inte minst gäller detta om man bygger apparaten av byggsatser som levereras med färdiga foliekort på vilka komponenterna löds in efter en detaljerad steg-för-stegbeskrivning. I Sverige levereras sådana byggsatser bl. a. av Schlumberger AB, Lidingö, Elfa Radio & Television, Stockholm och Elektronikbyggsatser AB, Stocksund.



och ge en i och för sig ganska "teknisk" sysselsättning en fläkt av äventyr. Det kan också sägas att det i denna verksamhet ligger en underton av triumf över de mänskliga sinnesorganens snäva begränsning. Sändaramatörernas lekfulla utnyttjande av radiotekniken för att samtala över kontinenter och världshav med kolleger i främmande länder är ett exempel härpå, DX-ingens jakt efter exotiska, fjärran belägna stationer likaså. Sysslandet med hemmabygge av ljudåtergivningsapparater har i sig ett drag av idealitet: slutmålet är ju fulländad musikåtergivning i hemmiljön. Radiostyrning innefattar en hel del tävlingsmoment i en ny spännande dimension.

Radion som hobby innebär inte endast en fascinerande lek med tekniska hjälpmedel. Det innebär samtidigt ett lustbetonat utnyttjande av det mänskliga snillets mödosamt tillkämpade framgångar. Det är kanske det som innerst inne är tjusningen med radion som hobby: att ge utlopp för något som legat inplanterat i människan sedan tidernas början, vetgirighet och lust att utforska det okända, att förbättra, att alltmera effektivt kuva naturens krafter. Och märk väl: inte i destruktiva syften utan för att bygga upp och utöka den mänskliga andens landvinningar!

Att det sedan i all radioteknisk hobbyverksamhet ligger ett moment av tävlan med andra likasinnade ger denna form av aktivitet en ökad glans. Det krävs en ordentlig anspänning av själskrafter, fantasi och kombinationsförmåga för att det resultat som andra uppnått skall överglänsas.

Radion som hobby: en fascinerande lek med tekniska hjälpmedel med ett inslag av spännande tävlan. En positiv hobby i nivå med tidens tekniska inriktning.

2. Verktyg för radiobygge

behöver inte vara varken särskilt dyrbara eller särskilt många men de bör väljas ut med omsorg.

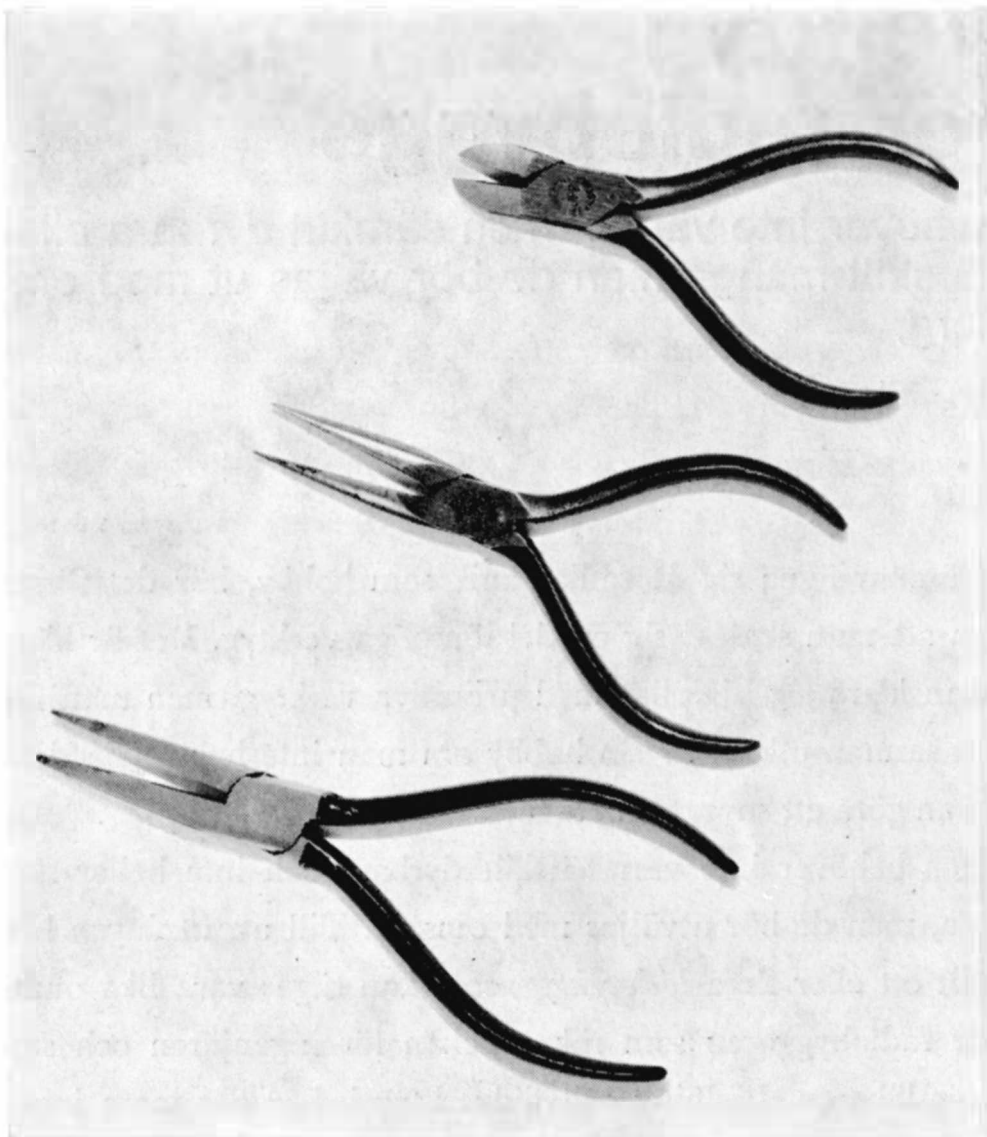
Om man ämnar ägna sig åt radioteknik som hobby, bör det första steget vara att man skaffar sig en del lämpliga verktyg. Det är klart att man kan klara sig hjälpligt med primitiva verktyg, men man får inte riktigt samma utbyte av sin hobby om man inte har rejäla don, som man kan göra ett snyggt arbete med.

Verktygen behöver inte vara särskilt dyrbara och inte heller särskilt många, men de bör utväljas med omsorg. Till utrustningen hör framför allt ett eller flera *lödverktyg*, som kan sägas vara lika oundgängliga för radiobyggaren som räknestickan för ingenjören och stetoskopet för läkaren. Lödning och lödverktyg behandlas mera ingående i kap. 4.

Förutom lödverktyg behöver amatörbyggaren en del tänger, skruvmejslar och andra hjälpmedel, som vi närmare skall behandla i det följande.

Tänger

En radioamatör kan absolut inte vara utan en uppsättning *tänger*. Framför allt är *plattången* och *sidavbitaren* oundgängliga vid arbete i radio- och elektronikapparater. Plattången (fig. 2.1 nederst) används bl. a. när man skall anbringa kopplingstrådar på rätt plats eller när man skall plocka isär små delar. Sidavbitaren (fig. 2.1 överst) är oundgänglig när man skall klippa av trådar, avlägsna isolation från



Fi. 2.1 Tänger, lämpliga för radioarbeten. Nedifrån: plattång, böjtång och sidavbitare. Platttången och sidavbitaren är outhålliga, böjtången används mera sällan.

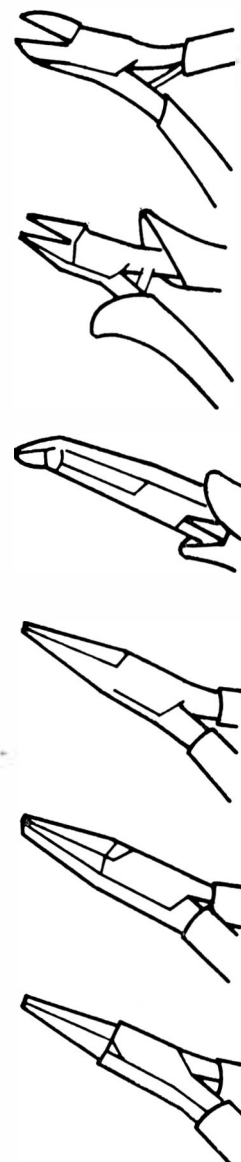


Fig. 2.2 Några olika typer av tänger som kommer till användning vid mera professionellt monteringsarbete.

trådar, skära till systoflexrör i rätta längder osv.

Köp endast tänger av bästa kvalitet, se till att de "biter ihop" fullständigt utefter hela käftlängden, de får inte kärva och heller inte glappa. Men använd inte sidavbitaren för att dra ut spik eller skruvar, det förstör eggen och tången kan därvid lätt bli obrukbar!

I fig. 2.2 visas en liten provkarta på olika specialtyper av tänger som används i mera professionella sammanhang.

Skruvmejslar

Skruvmejslar kan sägas vara de näst tängerna viktigaste hjälpmedlen för en radioman. Man bör ha flera skruvmejslar, och eftersom skruvmejslar kan fås för en rätt billig penning kan man gott kosta på sig en hel uppsättning med en bladbredd från 3 mm upp till 15 mm. (Fig. 2.3.) De minsta skruvmejslarna är oundgängliga när det gäller att skruva fast rattar på axlar, och de största har man glädje av exempelvis när det gäller att skruva ihop basreflexlådor eller när en högtalare skall skruvas fast på en baffel.

Man bör alltid använda en skruvmejsel *som har samma bredd som skårans botten på skruven man skall skruva in*. Viktigt är också att skruvmejseln är slipad på sådant sätt att den har skarpa kanter. En skruvmejsel med runda kanter (se fig. 2.4) är inte endast svår att arbeta med, utan den skadar också skruvarna och kan i sämsta fall göra det omöjligt både att få in en skruv ordentligt och att få ut den igen.

Skruvmejseln bör alltså sitta väl fast i skruvens skåra; den får inte vara för tunn och för vass, eftersom det ofta kan vara bra att kunna tvinga fast skruven på skruvmejseln (se fig. 2.4), exempelvis när man skall anbringa skruvar på svåråtkomliga ställen.

Särskilt besvärligt är det i nyss nämnda avseende med försänkta skruvar. Ett litet knep kan i detta sammanhang vara bra att känna till: genom att doppa spetsen på skruvmejseln i litet fett får man en viss vidhäftningsförmåga, så att man kan fästa skruven vid skruvmejseln och därefter anbringa den på de besvärliga ställena.

Skruvmejslar med plastskaft är utmärkta för radiobruk. I detta sammanhang kan nämnas att man bör undvika att använda skruvmejslar av stål vid trimning av spolkärnor av högfrekvensjärn; de skarpa kanterna på skruvmejseln förstör nämligen lätt slitsen i det relativt mjuka järnmaterialet, och därigenom gör man det omöjligt att sedan trimma kärnan. För justering av sådana kärnor bör man alltid använda sig av särskilda mejslar av plast (fig. 2.5), som man

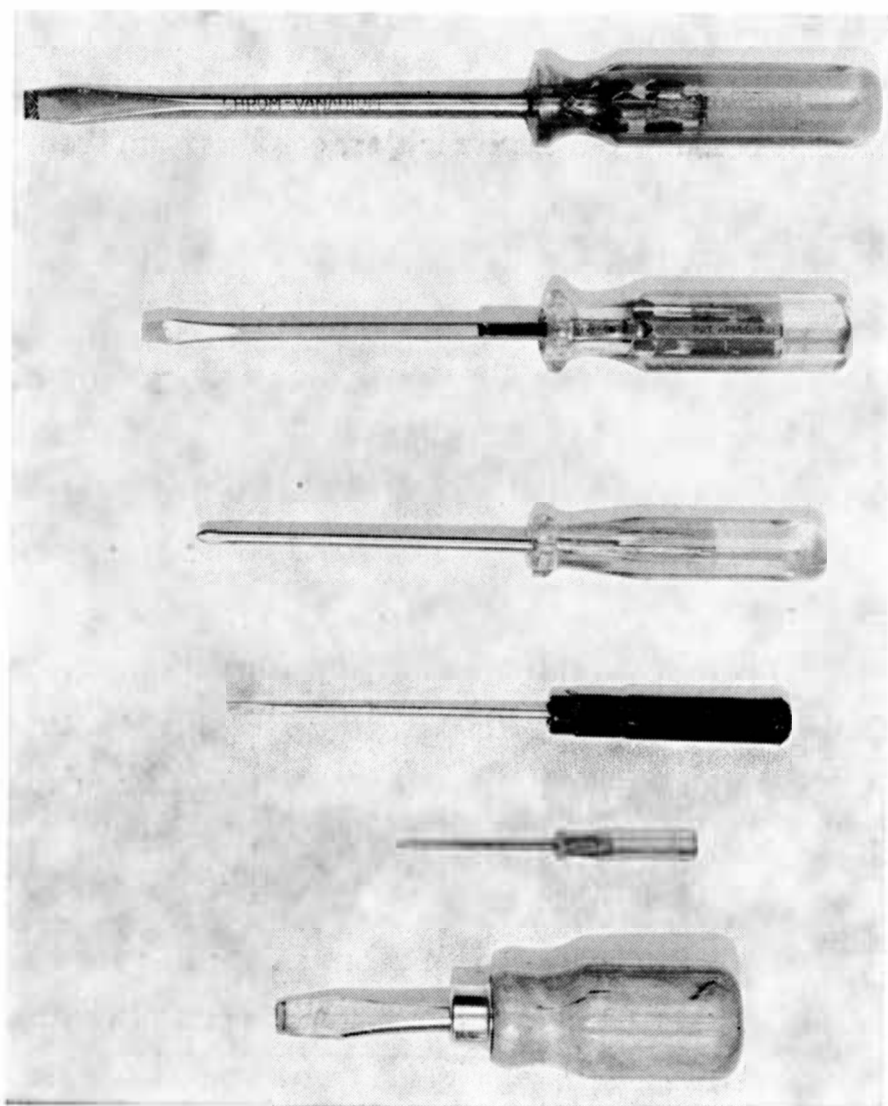


Fig. 2.3 Exempel på lämplig uppsättning av skruvmejslar för radiohobbyarbeten. Skruvmejslar är rätt billiga, och en ordentlig uppsättning frestar därför inte så mycket på kassan.

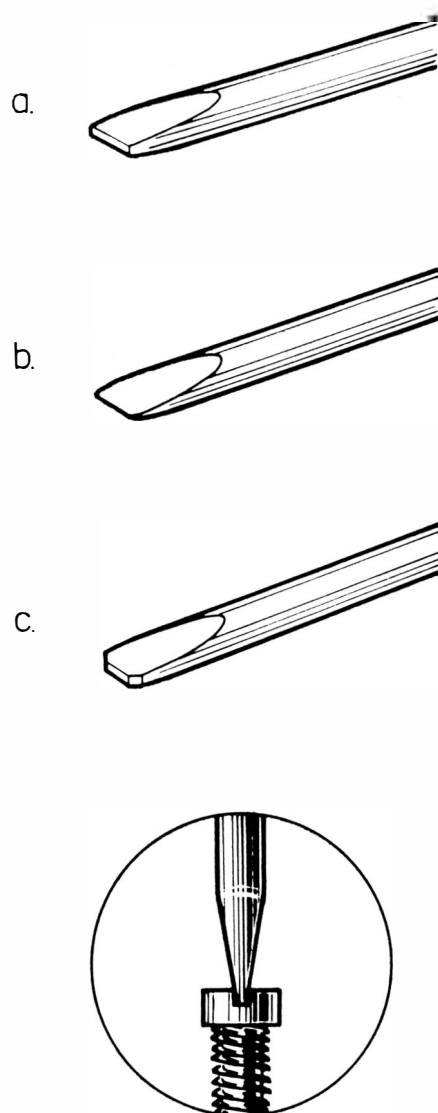


Fig. 2.4 Skruvmejseln bör inte vara för vass. Spetsen deformeras då inte så lätt och man kan inte tränga fast mejseln i skruvskåran. I a) visas hur en skruvmejsel bör slipas, i b) och c) visas exempel på olämplig form på skruvmejselspetsen.



Fig. 2.5 En skruvmejsel av plast eller bakelit är bra att ha vid trimning av induktansspolar med järnpulverkärna.

kan tillverka själv av en bakelit- eller plexiglasstav med 3 eller 4 mm diameter, vars spets formas med fil som en skruvmejsel. Ett lämpligt handtag av samma material får limmas på.

Verktyg för plåtarbeten

Man brukar numera montera de komponenter som ingår i elektroniska apparater på s. k. kretskort eller monteringsplattor. Kretskorten anbringas sedan i en lämplig apparatlåda på vars frontpanel man monterar vridkondensatorer, potentiometrar m. m. som skall manövreras med rattar då man använder apparaten. På apparatlådans bakpanel brukar man ha uttag för yttre strömkretsar, t. ex. högtalare, pick-uper, antenn och jord etc.

Apparatlådor tillverkas vanligtvis av 1,5 mm halvhård aluminiumplåt. Större apparatlådor är vanligtvis uppbyggda kring en plåstomme, "chassi", på vilken paneler och tyngre komponenter, som inte får rum på kretskortet, t. ex. vridkondensatorer, transformatorer, drosslar, skruvas fast. I mindre apparatlådor brukar apparatlådans botten eller paneler fungera som chassi.

För att skära till aluminiumplåtar till lämpligt format behöver man egentligen en gradsax om man skall få snygga plåtkanter. Man klarar sig emellertid hjälpligt med en plåtsax (fig. 2.6), och man kan också använda en lövsåg med metallsågblad eller en bågfil för samma ändamål. Men man får då lägga ned lite arbete med fil för att få kanterna jämna.

För komponenter, paneler m. m., som skall skruvas fast på apparatens chassi, måste man borra upp lämpliga hål i apparatlådans chassiplåtar. Hål behöver också tas upp i paneler. För dessa arbeten behöver man lämpliga verktyg. Man brukar först markera var hålen skall tas upp; det sker med ett spetsigt verktyg, exempelvis med en *körnare* (fig. 2.7). Därefter borrar man upp de önskade hålen med en vanlig handborr. En körnare och en handborr jämte en uppsättning borrar i



Fig. 2.6 En plåtsax behövs när man arbetar mycket med plåтчassier.



Fig. 2.7 En körnare används vid markering av hål i aluminiumplåt.

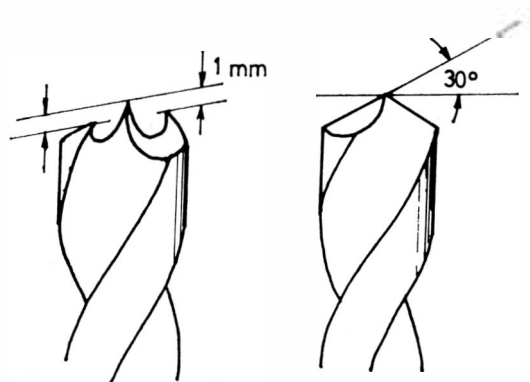


Fig. 2.8 På detta sätt slipas borrar för upptagning av hål i järnplåt, t. h., och för upptagning av hål i aluminium, t. v.

olika dimensioner hör därför till radiobyggarens standardutrustning. Har man en elektrisk handbormaskin, underlättas givetvis arbetet högst väsentligt.

Borrar bör slipas på olika sätt beroende på om man skall ta upp hål i järnplåt eller aluminium. (Fig. 2.8.)

För att ta upp större hål för t. ex. kontaktdon behöver man en hålpunch. (Fig. 2.9.) Gäller det mycket stora hål, kan man ta upp ett antal hål utefter det stora hålets centrumlinje så som antyds i fig. 2.10. Därefter får man med en fil eller spetsig mejsel komplettera borrhålen så att den omringade plåtbiten kan tas bort. Man får sedan

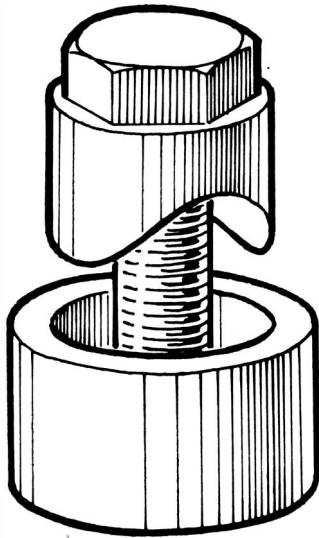


Fig. 2.9 Hålpunch är ett behändigt verktyg, med vars hjälp man kan få snygga hål med stor diameter i aluminiumplåt.

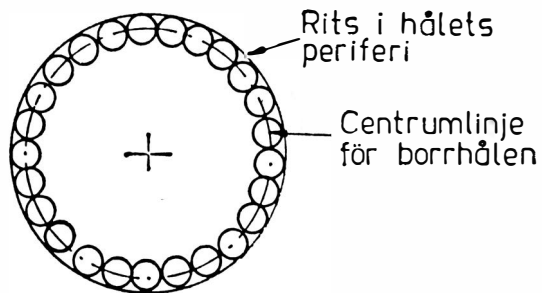


Fig. 2.10 Man kan klara sig utan hålpunch genom att med drillborr ta upp hål utefter det stora hålets centrumlinje. Tidsödande, men i nödfall går det.

putsa hålets kanter rena med en fil. Man kan också använda en vanlig lövsåg, försedd med metallsågblad för att ta upp större hål i aluminiumplåt.

Bockning av plåt

Bockning av aluminiumplåt kan lämpligen företas med tillhjälp av ett kraftigt skruvstäd. För att det inte skall bli fula märken i plåten bör man därvid använda sig av skydd bestående av lämpliga plana träbitar, som anbringas på båda sidor om plåten. Fig. 2.11 och 2.12 antyder hur man går till väga vid bockningen. Större plåtar kan bockas

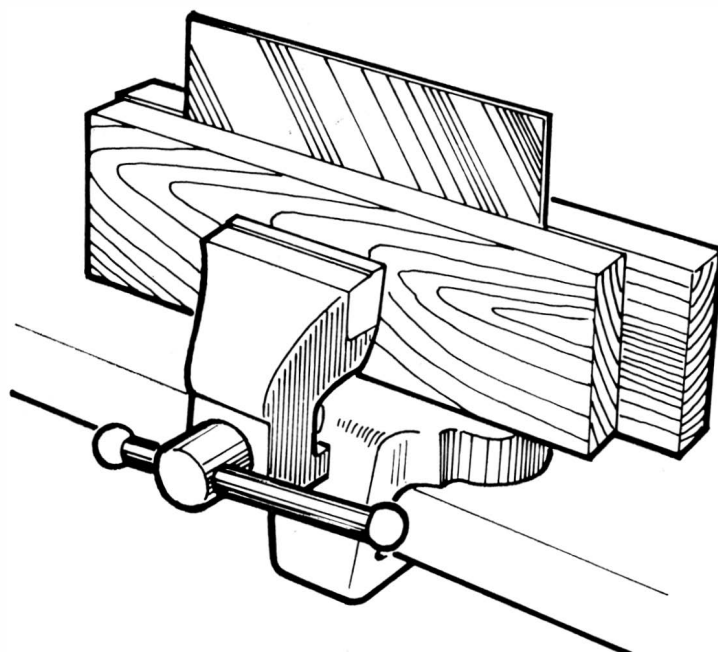


Fig. 2.11 När man skall bocka ett plåtkhassi bör man, för att inte skada plåten, spänna fast den mellan ett par träskivor i ett skruvstäd. Med hjälp av en kraftig träskiva som pressas mot plåten ger man plåten den önskade bockningen.

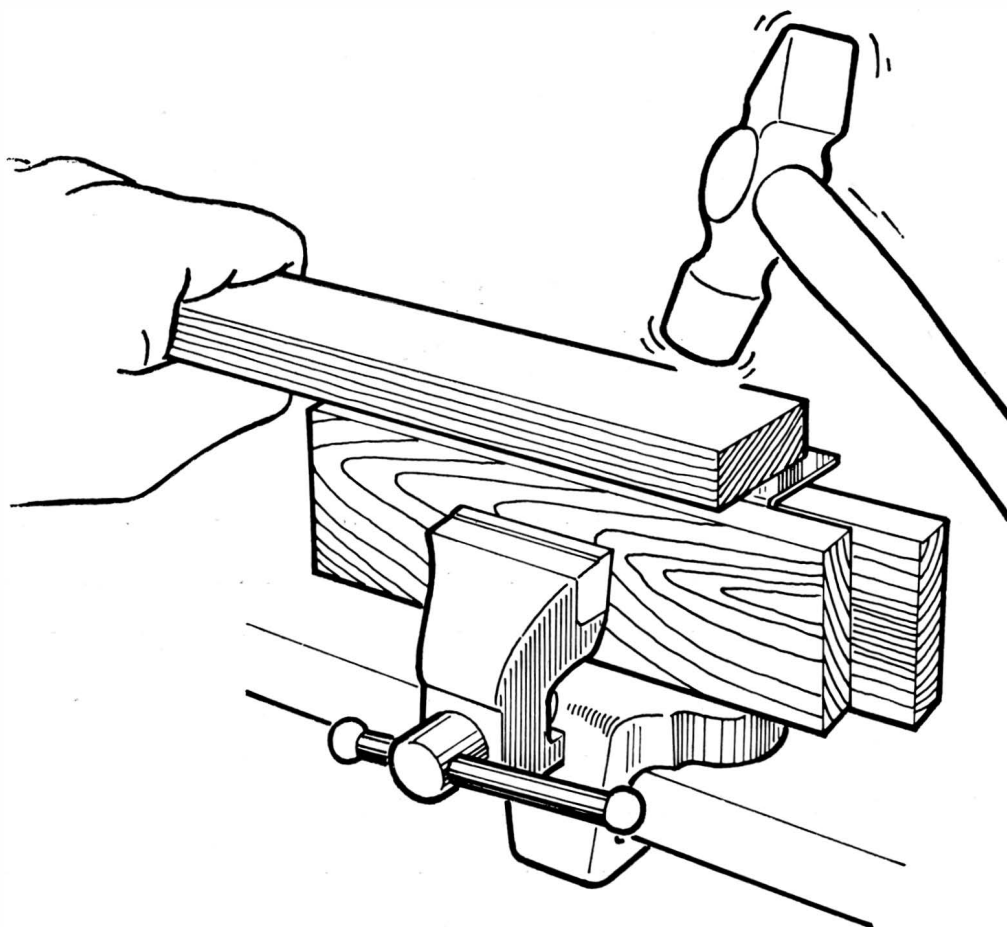


Fig. 2.12 Denna bild visar hur man gör en vinkelbockning av en aluminiumplåt. Plåten fastskruvas mellan två träbitar i ett skruvstäd. Jfr fig. 2.11. Bockningen utförs med hjälp av en kraftig hammare, varvid man har en plan träbit som skydd för plåten.

till över kanten på en hyvelbänk eller liknande. Vid sådana arbeten är det bra att ha tillgång till en kraftig hammare.

Filar

Filar behövs också vid plåtarbeten. Man bör ha åtminstone tre större filar av ca 30 cm längd, nämligen en grov halvrund fil för bl. a. putsning av chassiplåtar, en något finare rundfil för putsning av mindre hål samt en fin planfil. Ett par småfilor (längd ca 12—15 cm), en halvrund och en rund, är bra att ha vid putsning av skruvhål.

Vid alla slag av plåtarbeten är ett *skjutmått* bra att ha.

De flesta i detta kapitel omnämnda verktygen kan köpas i varje järnhandel.

Moduluppbyggda apparater

Man kan slippa ifrån en hel del plåtarbete genom att köpa s. k. modulchassier. Dessa innehåller färdigborrade eller perforerade plåtar, som kan byggas ihop till apparatlådor. De flesta apparatkonstruktionerna i denna bok är uppbyggda av modulenheter av detta slag.

Om man bestämmer sig för att bygga sina konstruktioner på dylika chassienheter, kan man avstå från att köpa en del av de verktyg som är avsedda för chassiarbeten. Man behöver då endast en körnare, filar och borrarverktyg för att ta upp vissa hål i panelerna. Modulchassiernas bottenplatta utgörs av perforerad plåt, i vilken 3,2 mm hål upptagits med 5 mm delning. Dessa hål kan användas för fastskruvning av större komponenter. Bottenplattan har uppvikta kanter i vilka front- och bakpanel fastskruvas, likaså apparatlådans U-formade hölje. (Fig. 2.13 och 2.14.)

Med s. k. fogdon av 6-kantmässing, i vilka är borrade radiella och axiella hål med M3-gängning, kan man på det perforerade chassiet montera kretskort, vinklar för kontaktdon m. m. (Fig. 2.15 a.) För samma ändamål kan man också använda M3-skruvar av lämplig längd, distansrör, brickor och muttrar, se fig. 2. 15 b och c.

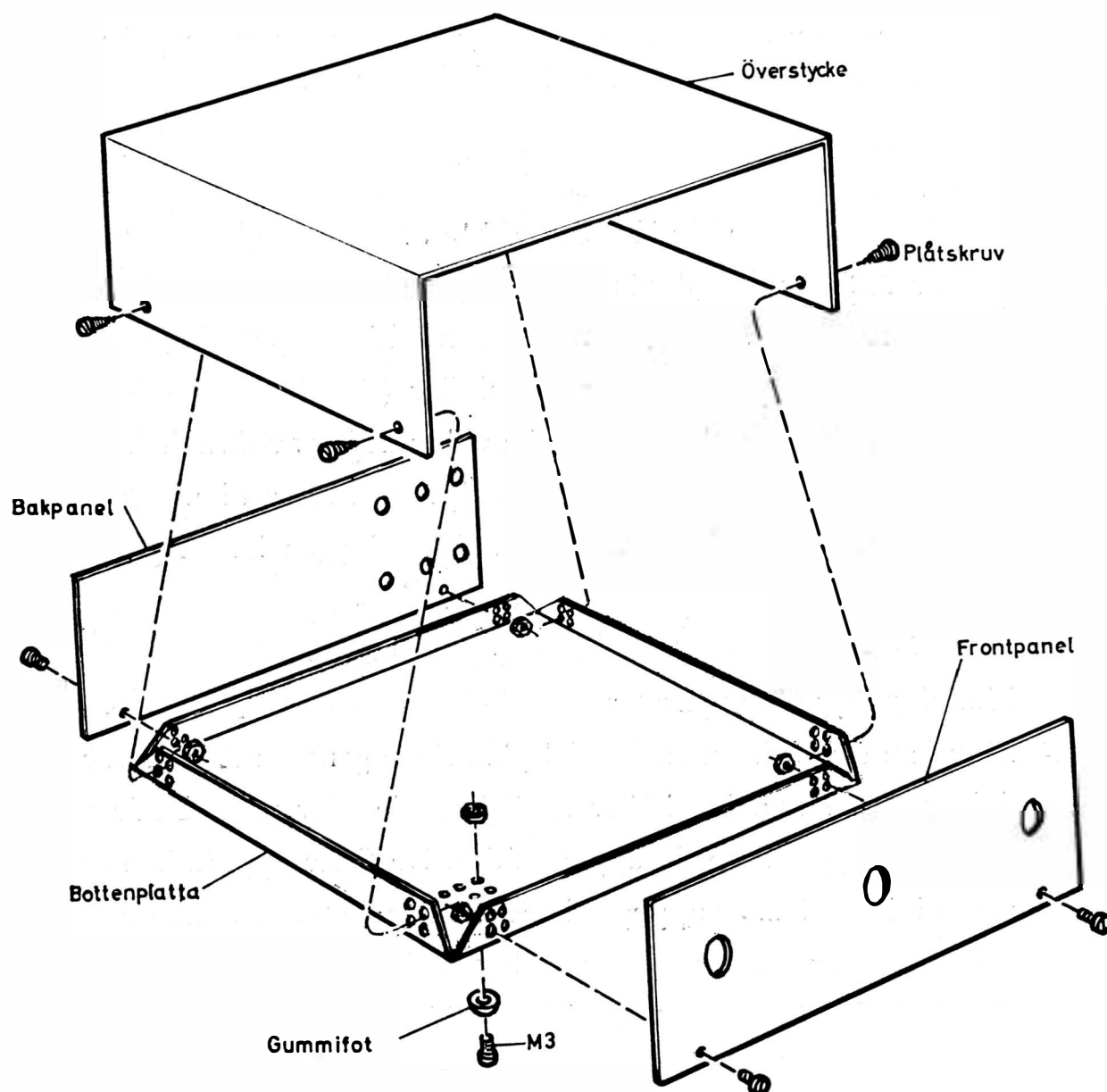


Fig. 2.13 Detta är principen för apparatlådans uppbyggnad i det modulchassisystem, som utnyttjas för de flesta konstruktioner i denna bok. På en perforerad bottenplatta med uppvikta kanter fastskruvas front- och bakpanel, likaså – med plåtskruv – det U-formade plåtsvep som utgör lådans överdel. Apparatlådan finns med bottenplattor 10×10, 10×20, 20×20 och 20×30 cm. Paneler finns i storlek 5×10, 5×20, 10×10, 10×20 och 10×30 cm. För samtliga kombinationer av bottenplatta och paneler finns motsvarande U-svep.

Universalkretskort

I modulchassisystemet ingår ett antal s. k. universalkort, 5×10 cm, med ledningsmönster som passar de flesta elektroniska små apparater

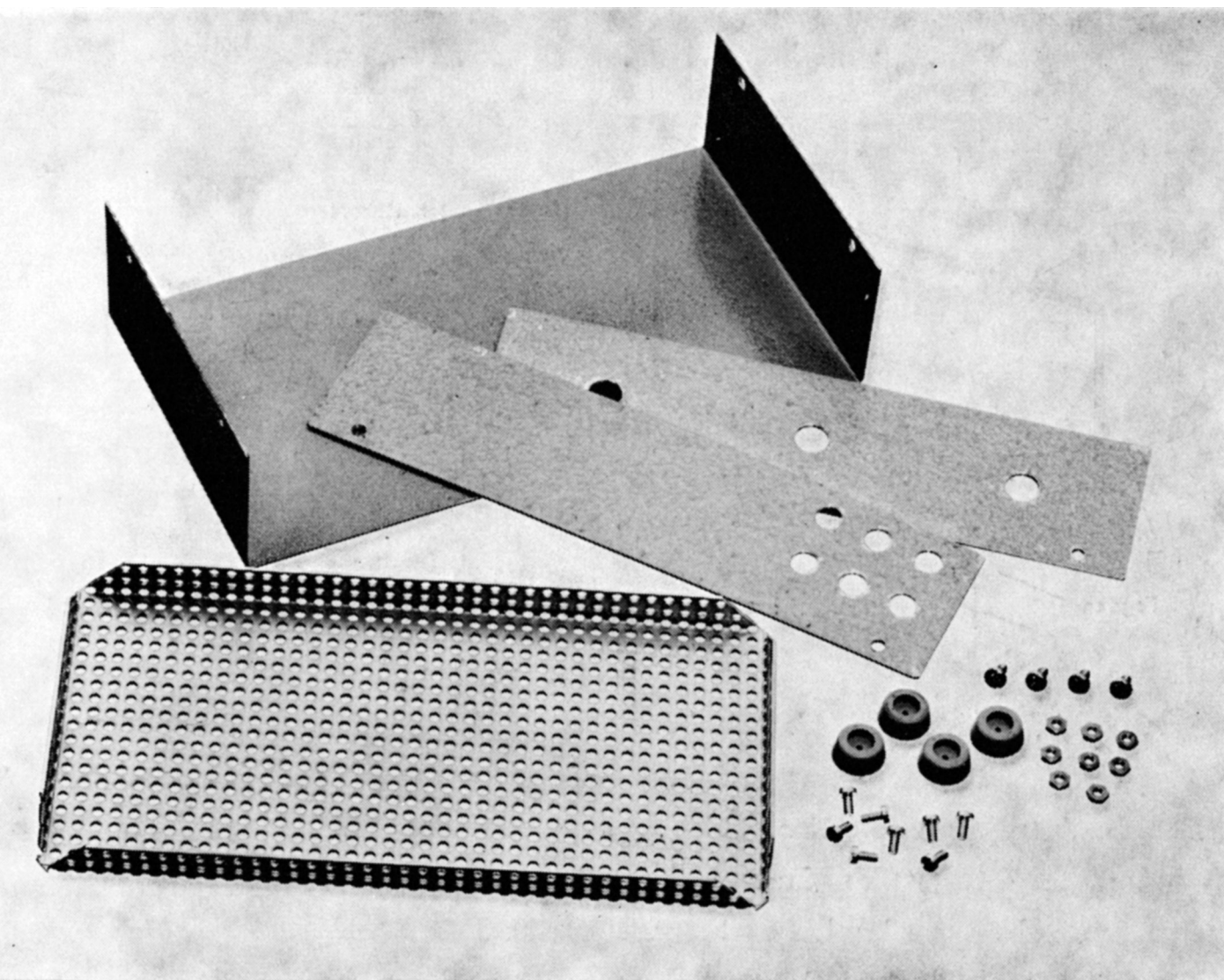


Fig. 2.14 Modulchassidelarna för apparatlåda $10 \times 20 \times 5$ cm. Jfr fig. 2.13.

eller funktionsenheter med transistorer eller integrerade kretsar. Dessa universalkretskort, som behandlas närmare i nästa kapitel, har genomgående använts för beskrivningarna i denna bok.

Även om de modellapparater som byggts för de i denna bok beskrivna apparaterna är uppbyggda på modulchassienheter och med

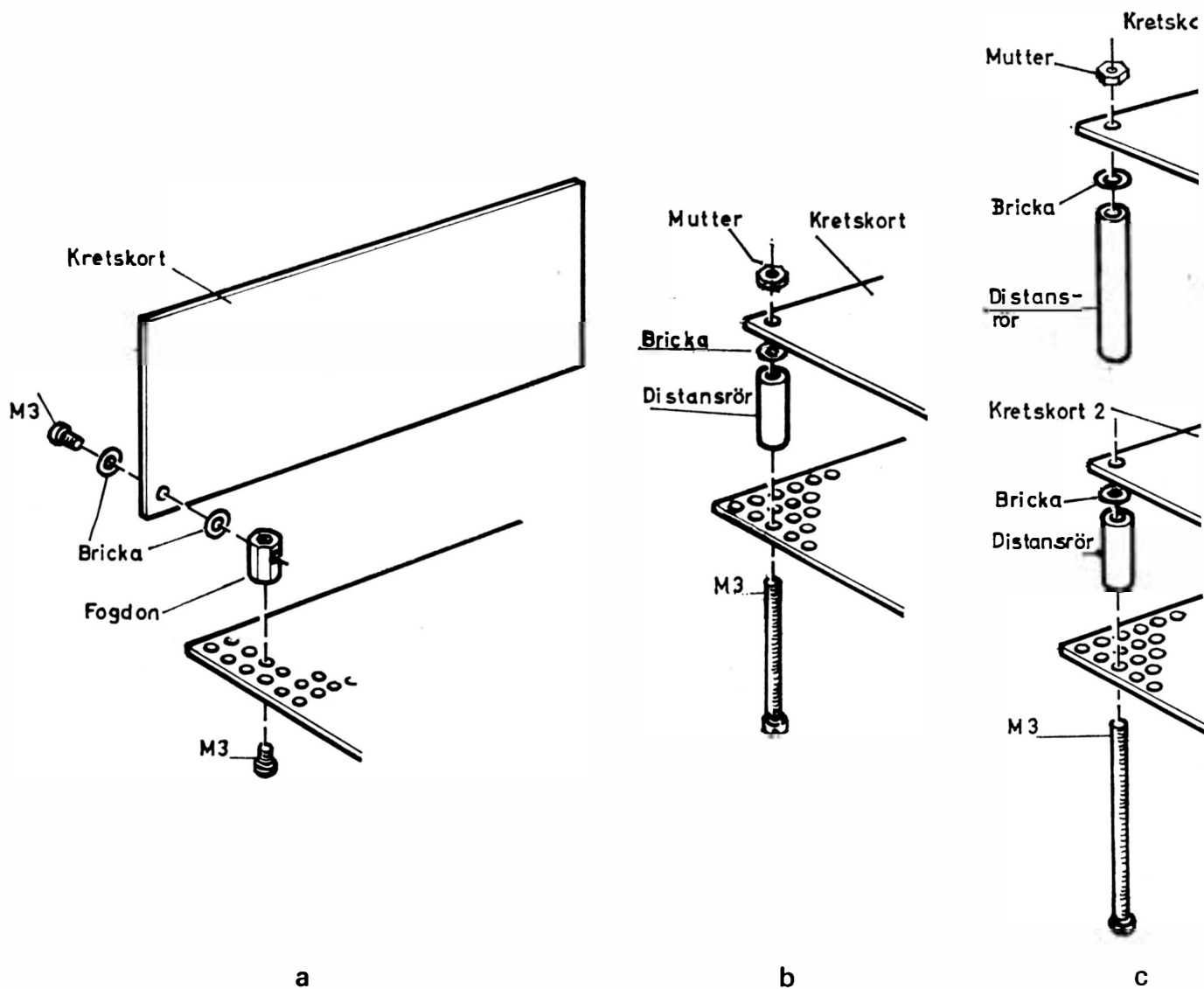


Fig. 2.15 Kretskort kan monteras a) med fogdon av 6-kantmässing, längd 10 mm med genomgående M3-gängade hål, ett axiellt och ett radiellt 2,5 mm från ena änden, b) och c) med M3-skruv av lämplig längd jämte distansrör, brickor och muttrar.

universalkretskort, är det naturligtvis ingenting som hindrar att man själv bockar till sina apparatlådor av aluminiumplåt och att man etsar sina kretskort själv. Drar man sig för besväret att etsa kretskort själv, kan man montera komponenterna på s. k. monteringsplattor försedda med lödstift. Mera härom i nästa kapitel.

3. Foliekort och monteringsplattor

behandlas i detta kapitel, som gör oss förtroga med de "byggstommar" som utnyttjas i alla slag av elektronisk apparatur.

Numera är praktiskt taget alla slag av radiotekniska apparater uppbyggda på s. k. foliekort. Ett foliekort består av en isolerande platta på vars ena sida anbringats en mycket tunn folie av koppar, oftast 0,035 mm tjock. Kopparfoliet är utetsat i ett ledningsmönster. Detta mönster av "folieledningar" är avsett att fungera som förbindelsestrådar mellan komponenterna. Komponenterna sticks nämligen in med sina tillledningstrådar i hål från foliekortets komponentsida, dvs. den sida som *inte* är belagd med kopparfolie. På foliesidan löds komponenternas tillledningstrådar in till folieledningarna. (Fig. 3.1.)

I och med att komponenterna löds in till ledningsmönstret får man komponenterna förbundna inbördes på önskat sätt. Det fina med en ledningsuppbyggnad med foliekort är att man automatiskt kopplar rätt om man placerar komponenterna med sina tillledningstrådar i de rätta hålen och löder in dem till ledningsmönstret. En hel del tankearbete bortfaller därför vid inlödningen. Tänkandet är ju redan avverkat vid komponerandet av foliekortet.

Fördelarna med foliekorten är särskilt påtagliga när det gäller serietillverkning av elektronisk apparatur; man kan ju framställa foliekort relativt billigt i mer eller mindre automatiserade tillverkningsprocesser. Vidare får man med kretskort en enhetlig och lättkontrollerad ledningsdragning i den färdiga apparaten. Komponentinplockningen på foliekorten kan också rationaliseras med maskinell utrustning.

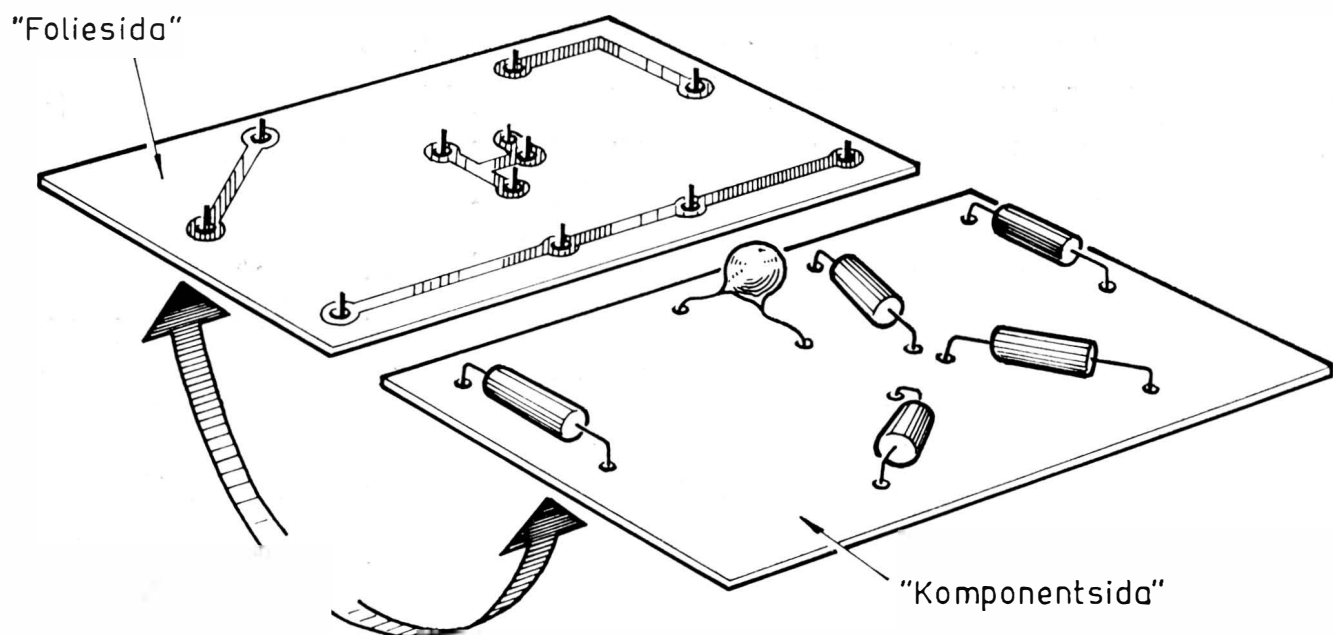


Fig. 3.1 Foliekort sett dels från foliesidan, dels från komponentsidan. Komponenternas tillledningstrådar löds in på foliesidan till ledningsmönstret.

Men även apparater som tillverkas i ett enda exemplar, t. ex. prototyper och sådana experimentapparater som byggs av amatörer, kan med fördel byggas upp med foliekort. Man kan då använda s. k. universalkretskort av den typ som omnämndes i kapitel 2. På universalkretskorten är nämligen ledningsmönstret utlagt så att det passar olika typer av elektronisk apparatur med transistorer. Detta är möjligt tack vare att nästan all apparatur med transistorer får en karaktäristisk uppbyggnad med en "plusskena" och en "minusskena" för strömförsörjningen. Om dessa "strömförsörjningsskenor" läggs parallella längst ut på foliekortet, kan man mellan dem placera ut transistorerna och de komponenter som grupperas omkring transistorerna, t. ex. kollektormotstånd, emittermotstånd, basförströmsmotstånd. Därmed blir ledningsmönstret ganska givet och det går att utforma ett ledningsmönster som kräver ett minimum av förbi- eller mellankopplingsledningar. Ledningsmönstret för den typ av universalkretskort som använts i byggbeskrivningarna i denna bok visas i fig. 3.2. Exempel

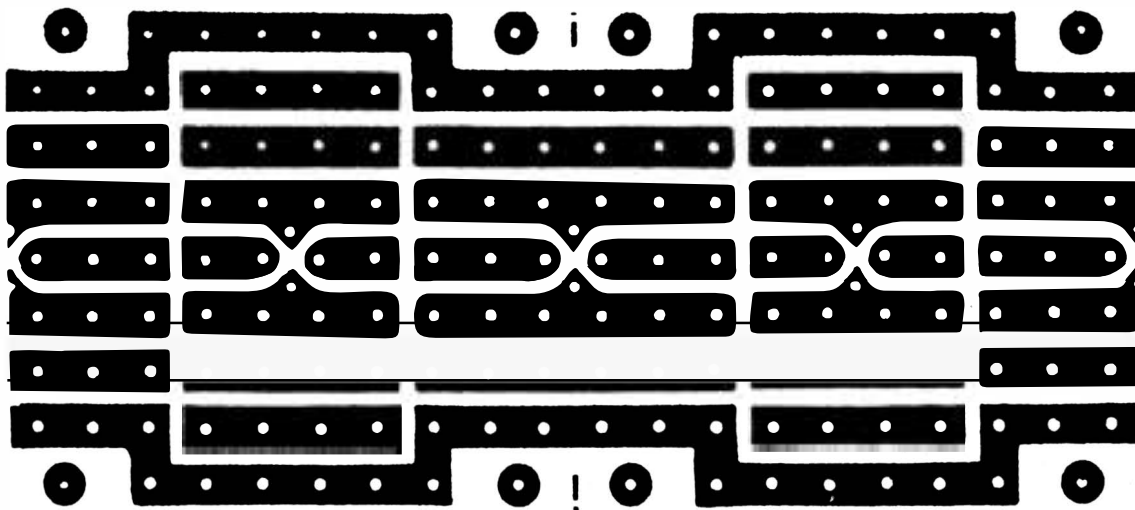


Fig. 3.2 Ledningsmönstret för den typ av universalkretskort som används i denna boks byggbeskrivningar. Folieledningarna har borrarade hål med 5 mm delning. Se även fig. 3.3.

på hur transistorer och integrerade kretsar inlöds till ett sådant kort, visas i fig. 3.3.

En del universalkretskort har ledningsmönstret tryckt med screen-tryck på komponentsidan. Det är då lätt att hitta de hål som är förbundna med folieledningar.

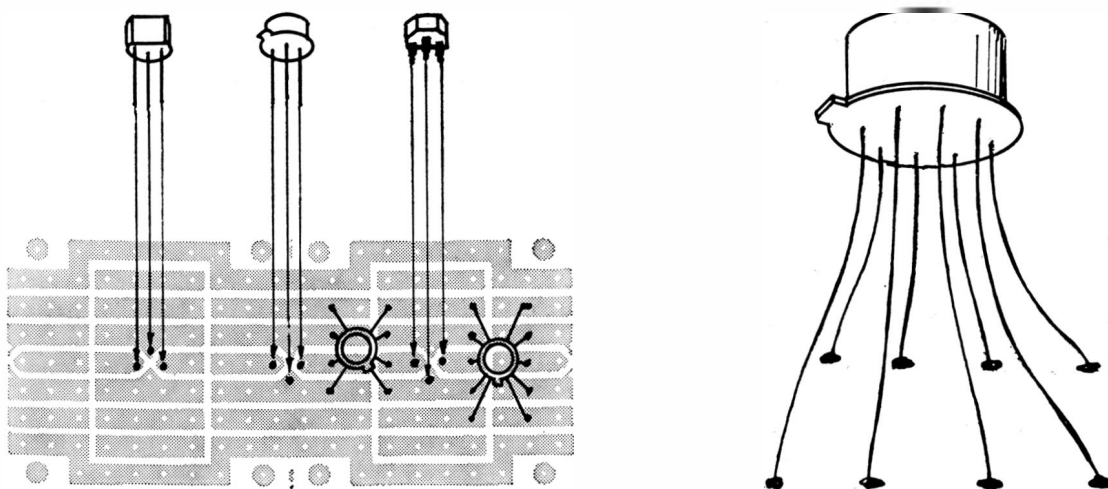


Fig. 3.3 Ledningsmönstret i universalkretskortet i fig. 3. 2 är utformat så att det särskilt väl passar till nyare typer av transistorer. Även integrerade kretsar i TO18-hölje kan anslutas, varvid dock tillledningstrådarna måste bockas på speciellt sätt. Se skissen t. h. i fig.

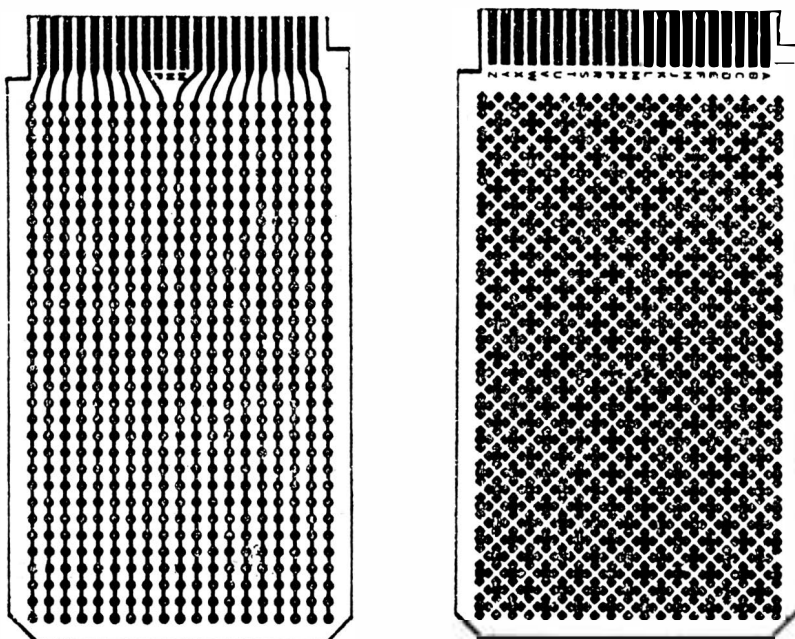


Fig. 3.4 Exempel på experiment-foliekort. T. v. ett foliekort med ett antal parallella folieledningar. Folieledningarna får skäras upp i sektioner så att önskat ledningsmönster erhålls. T. h. ett foliekort med punktmönster, på vilket önskade mellanförbindningar görs med yttre inlödda förbindelseledningar.

Med litet övning kan man på sådana kort lätt bygga upp en apparat direkt med ledning av ett principschema: apparatens komponenter blir ju utplacerade på foliekortet i stort sett på samma sätt som de är ritade på principschemat.

En annan variant av universalkorten är de s. k. Veroboardkorten, som innehåller ett antal parallella folieledningar med hål borrade med 5 mm delning för komponenter. För att få fram önskat ledningsmönster får man på lämpliga ställen borra hål i folien med en grov borr eller skära av folien där med en skarp kniv.

En liknande utformning har s. k. experimentplattor med linjemönster. (Fig. 3.4 t. v.) Det finns också experimentplattor med punktmönster där man får göra erforderliga mellankopplingar med yttre förbindelsetrådar för att uppnå önskad ledningsdragning. (Fig. 3.4 t. h.) Det finns sålunda en hel del att välja på för den som vill experimentera med apparatur uppbyggd på foliekort.

Monteringsplattor

I stället för foliekort kan man — framför allt om det gäller enklare apparater med litet antal komponenter — använda sig av isolerade monteringsplattor. (Fig. 3.5.) Dessa monteringsplattor, som kan anbringas på paneler eller bottenplattor i en apparat på samma sätt som foliekort, förses med genomgående lödstift, arrangerade så att man lätt kan löda in komponenterna till lödstiften på plattans ena sida.

Man gör sedan kopplingsarbetet på monteringsplattans baksida, där man lätt kommer åt att utföra erforderlig ledningsdragning mellan de olika lödstiften. Denna manuella ledningsdragning ersätter då foliekortets folieledningar.

På en sådan monteringsplatta kan man lätt kontrollera ledningsdragningen och — vad bättre är — man kan lätt ändra ledningsdragningen om man vill pröva nya kopplingsvarianter.

De verktyg som behövs för att anbringa de genomgående lödstiften

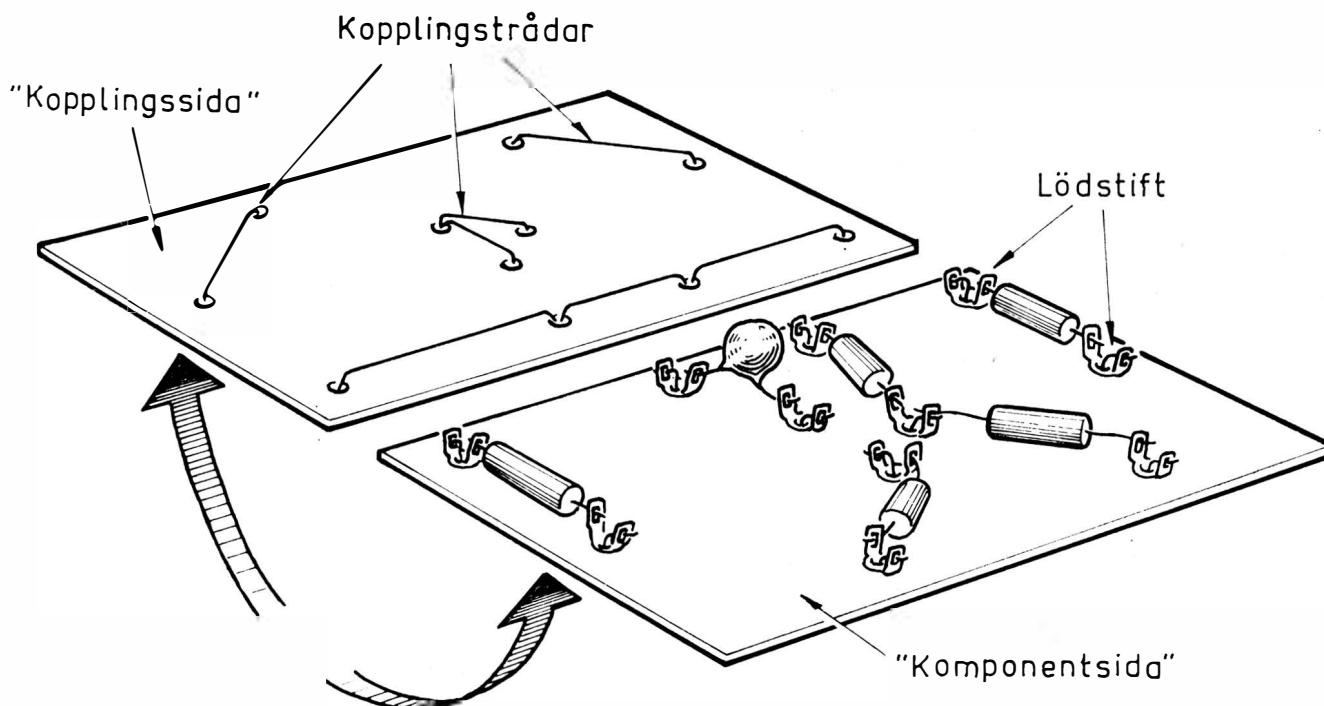


Fig. 3.5 En "monteringsplatta" kan ersätta kretskortet. Komponenterna inlöds till lödstift som förbinds inbördes på plattans "kopplingssida".

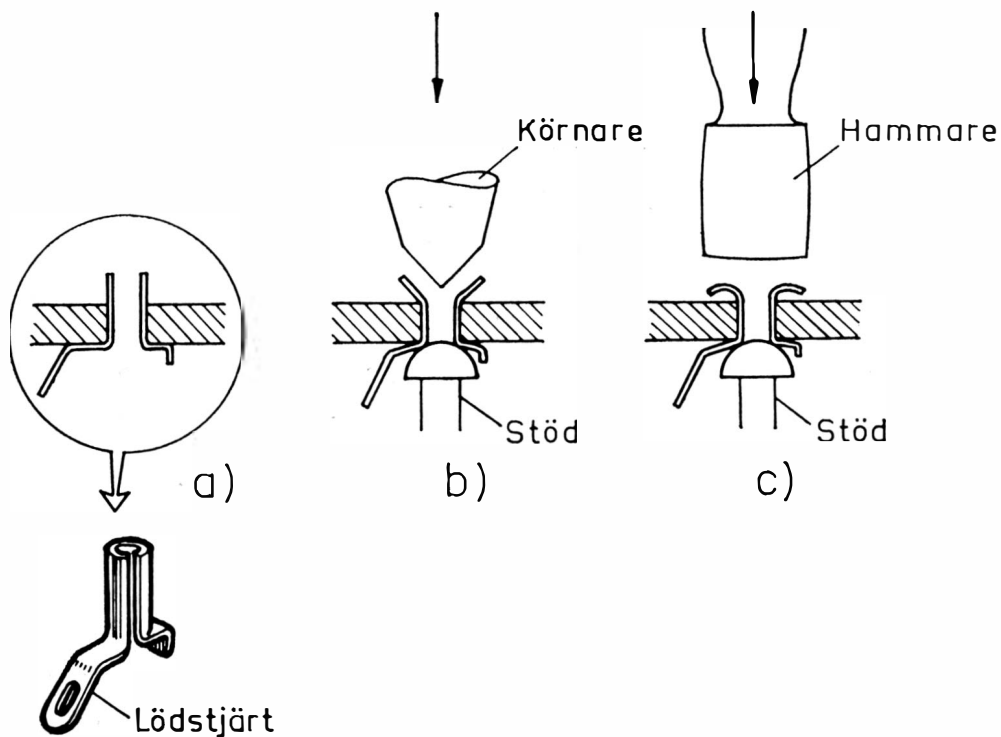


Fig. 3.6 Lödstiften anbringas i tre tempon på sina platser på den isolerande monteringsplattan av pertinax; a) lödstiftet sticks in i det för lödstiftet uppborrade hålet, b) med en körnare vidgas lödstiftet så att det trängs fast i hålet och en trattformig utvidgning uppstår. Härvid måste man under lödstiften ha ett stöd, exempelvis en skruv, som spänts fast i ett skruvstöd och vars skalle får fungera som stöd. c) Med en lätt hammare nitas lödstiftet definitivt fast från "baksidan".

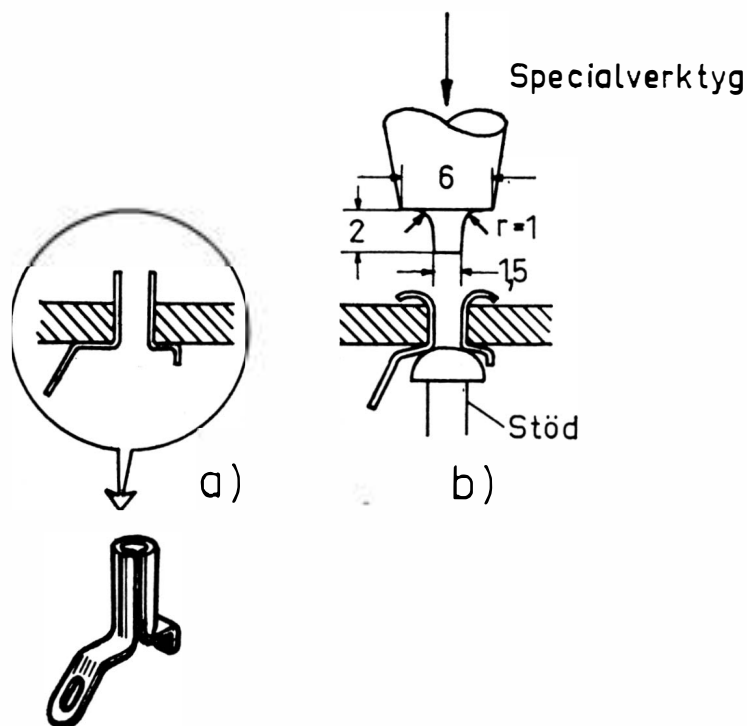
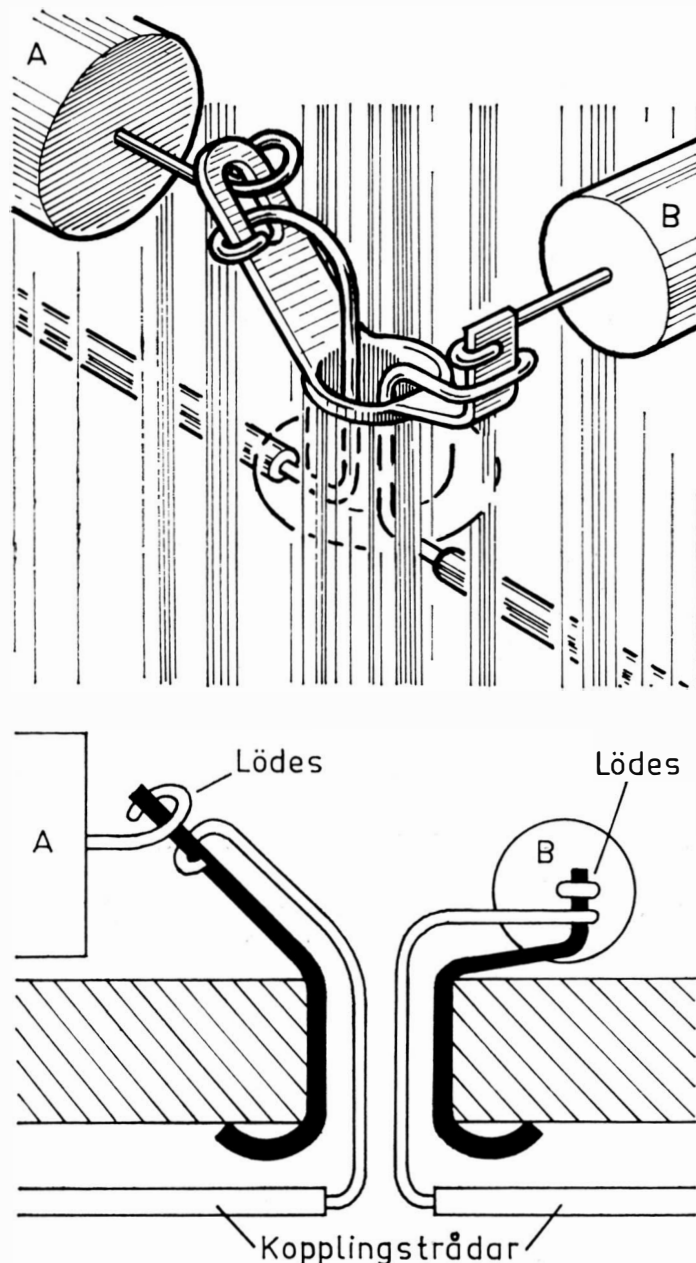


Fig. 3.7 Om man vill göra det bekvämt för sig, kan man låta en verkstad tillverka ett litet specialverktyg i form av en körnare, vars spets utformas såsom antyds i fig.

Fig. 3.8 Till lödstiften inlöds dels komponenter, dels kopplingsstrådar. Komponenterna placeras på plattans ena sida, ledningsdragningen utförs på motsatta sidan. Fig. visar två till ett lödstift inlödda komponenter, A och B, och två kopplingstrådar. De senare dras från kopplingssidan till komponentsidan genom lödstiftets inre.



på monteringsplattorna visas i fig. 3.6. Förfarandet vid fastnitningen av lödstiften blir följande: Borra först upp samtliga hål för lödstiften med 3,5 mm borr. Stick därefter in ett lödstift i taget i resp. lödstiftshål, så att lödstjärten kommer att sticka ut på den sida där komponenterna skall lödas. Med en körnare, instucken i lödstiftets inre, vidgar man lödstiftet genom att slå på körnaren helt lätt med en hammare så att en skålformad vidgning erhålls. (Fig. 3.6 b.) Slutligen plattar man till den nyss anordnade utvidgningen så att lödstiftet nitas fast vid plattan. (Fig. 3.6 c.)

Man kan också tillverka en specialdorn för nitningen av lödstjärtarna enligt fig. 3.6. Med detta verktyg körnar och nitar man lödstiftet i ett tempo. (Fig. 3.7.)

Sedan alla lödstift är nitade vid monteringsplattan på det här sättet återstår endast att löda in komponenterna på den sida där lödstiften sticker fram. I lödstjärten sticks därefter komponenternas tillledningstrådar in, slås ett halvt varv om lödstjärten och löds sedan fast vid denna. Därefter sker kopplingen mellan stiften på monteringsplattans baksida. Man använder då plastisolerad ledningstråd, som träs in genom lödstiftet och löds vid lödstjärten på det sätt som framgår av fig. 3.8.

Monteringsplattor blir litet större än foliekort genom att lödstiften tar ganska stor plats. Om man därför skall använda monteringsplattor i stället för de universalkretskort 50×100 mm som utnyttjas för denna boks konstruktioner, bör man ta till storleken 75×150 mm. Höljen och chassidetaljer får då tas till i motsvarande grad.

4. Så löder man

Undvik risken för otrevliga kallödningar och sönderbrända komponenter genom att läsa detta kapitel särskilt noga.

Antingen man vid radiobyggandet tänker arbeta med foliekort eller med monteringskort, är lödning det arbete som man oftast får syssla med. Redan från början bör man därför lära sig löda på rätt sätt. Många tråkigheter besparar man sig om man redan från början tillämpar rätt lödmetod.

Lödning i samband med radiobygge är en metod att anordna effektiv metallisk förbindning mellan två ledare, t. ex. mellan en komponents tillledningstråd och en folieledning eller mellan två komponenters tillledningstrådar.

Vid lödning används s. k. lödtenn, som upphettas till smältning, oftast med en lödkolv. När det gäller radioteknisk apparatur är i allmänhet en liten 25 W lödkolv lämpligast att använda. (Fig. 4.1.) En sådan mindre lödkolv är oftast uppbyggd så som visas i fig. 4.2. Lödspetsen, som består av en rund kopparstång, är inskjuten i ett metallhölje. Detta innesluts av en värmespiral upplindad på en stomme, som isolerar lindningen elektriskt från höljet men släpper igenom värmen. När värmelindningen ansluts till nätet uppvärms värmetråden, värmen fortplantas genom metallhöljet till lödspetsen, som hålls fast i höljet med en skruv.

Vid lödning låter man det flytande lödtennet flyta ut på kontaktställets metallytor, varefter det får svalna. En lödförbindning uppstår då mellan metallytorna. Det stelnade lödtennet leder elektrisk ström i stort sett lika bra som de metalldelar som lötts ihop.



Fig. 4.1 En lödkolv av denna typ för 25 W effekt är lämpligast att använda vid de lödarbeten som förekommer vid radiotekniskt hobbybygge. Utbytbar lödspets.

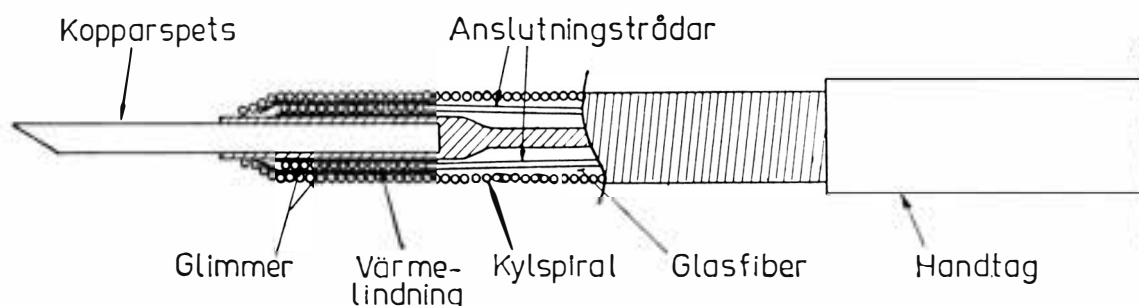


Fig. 4.2 Genomsnittet av 25 W lödkolv med utbytbar 3–6 mm lödspets.

Fuska inte med förbindningarna

Ofta tycker nog amatören, åtminstone i början, att man borde kunna anordna metalliska förbindningar helt enkelt genom att tvinna ihop ett par trådar. Det kan förefalla rimligt att metall i direkt kontakt med metall skulle ge en god elektrisk kontakt. Så är emellertid inte fallet. Förr eller senare börjar den med ihoptvinnade ledningarbyggda apparaten att fungera osäkert. I en förstärkare eller mottagare börjar det att knastra och spraka och i mätapparater får man osäkra avläsningar, allt resultatet av dåliga kontakter.

Att två förbindningstrådar stöder mot varandra är nämligen inte tillräckligt för att man skall få en god elektrisk kontakt. Genom luftens inverkan blir metallytor efter hand överdragna med ett tunt oxidskikt, och i kontaktytorna mellan två ihoptvinnade tillledningstrådar uppstår det då ideliga ändringar i övergångsresistansen. Vid skakningar kan avbrött lätt uppstå.

Varning för kallödningar

Man får inte heller tro att man uppnår en god lödförbindning i och med att man fogar ihop två trådar och sedan anbringar en droppe lödtenn på kontaktstället. En sådan lödmetod ger ofelbart upphov till en s. k. *kallödning* som kan ställa till mycket onödigt trassel när det gäller radiobygge. Sådana förbindningar fungerar ofta sämre än en metallisk förbindning bestående av två ihoptvinnade trådar.

Vid kallödning har inte lödstället upphettats tillräckligt. Det betyder att lödtennet, som i själva verket utgör en legering av tenn (40 %) och bly (60 %) med relativt låg smältpunkt, omkring $+230^{\circ}\text{C}$, visserligen bringats till smältning, men metallen har inte värmts upp tillräckligt för att tennet skall "fästa" ordentligt på kontaktytorna. En kallödning tål ingen belastning. Vid minsta påfrestning släpper tennet på metallytan och ger upphov till en osäker kontakt, eventuellt blir det helt avbrott.

Hemligheten med en korrekt lödning ligger i att de ytor som skall förbindas hettas upp till ungefär samma temperatur som tennet, *innan*

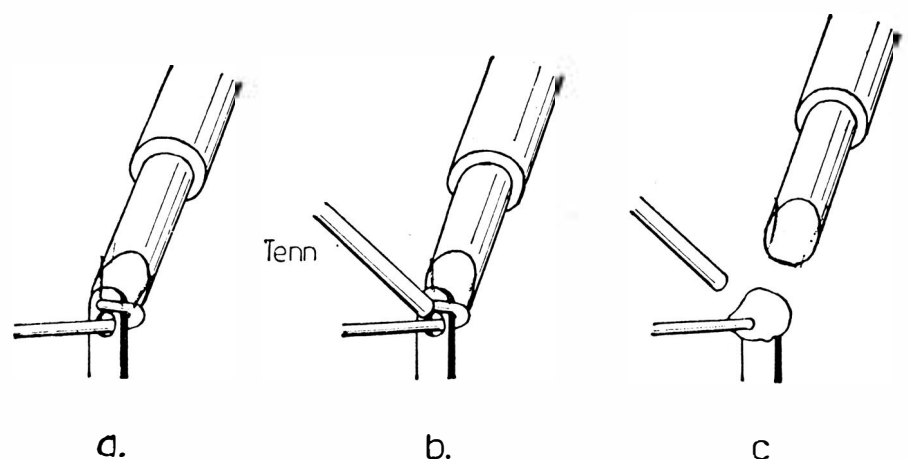


Fig. 4.3 På detta sätt skall en lödning utföras: a) lödstället uppvärms med lödskolven, b) när lödstället uppvärmts några sekunder, påförs tenn med inbyggt lödharts mot kontaktytorna, inte mot lödskolven, c) när tennet smält och väl täcker lödstället, avlägsnas lödskolv och tenn. Om man blåser på lödstället avkortas avsvälningstiden. Kopplingstråden bör inte rubbas förrän tennet svalnat.

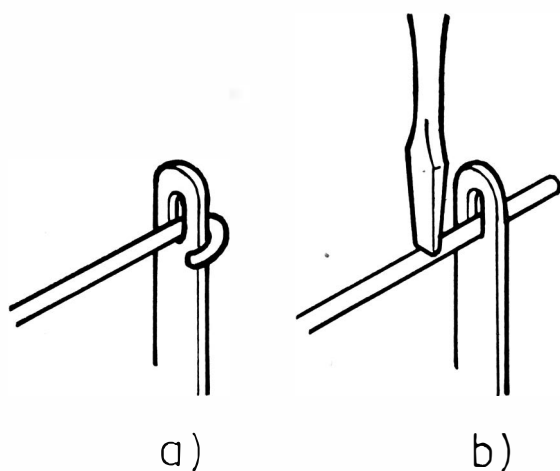


Fig. 4.4 Då en tilledningstråd eller kopplingstråd skall lödas till ett lödstift, bör tråden vara i metallisk kontakt med lödstiftet. Tråden bör därför bockas ett halvt varv kring stiftet före lödningen (a), eller också kan man med lämpligt verktyg böja tråden så att den under lödförfarandet ligger i metallisk förbindelse med lödstiftet. Man bör hålla kvar tråden i detta läge till dess lödtennet stelnat (b).

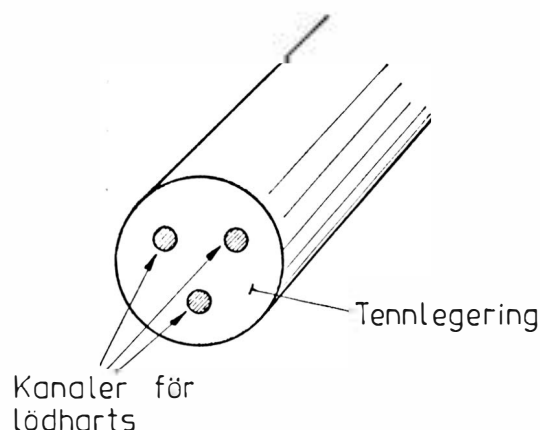
tennet påförs. Man skall alltså värma upp i första hand de metall- delar som skall lödas ihop och därefter föra på tennet på de upphet- tade metallytorna, alltså inte på lödkolven. (Fig. 4.3.)

Det är också viktigt att de metallytor som skall lödas ihop har god metallisk kontakt med varandra före inlödningen. När man skall löda en tillednings- eller kopplingstråd till ett lödstift är det därför lämpligt att bocka till tilledningstråden ett halvt varv kring lödstiftet så att tråden stöder mot lödstiftet på en eller flera punkter. (Fig. 4.4.) I samband med lödningen kan man också hålla tråden nedtryckt stumt mot lödstiftet, så att god kontakt föreligger under lödningen. Man får då inte släppa efter på anläggningen förrän lödtennet har stelnat ordentligt.

Lödtenn som flussmedel

En annan viktig omständighet är att man måste befria de metallytor som skall lödas ihop från oxid, fett och andra föroreningar. Enklast sker detta genom att man använder lödtenn med flussmedel. Sådant lödtenn har en eller flera kanaler av s. k. lödharts (fig. 4.5), som åstadkommer en avoxidering av metallytor i samband med lödnings- processen. Men ett villkor för att det flytande lödharts som finns i lödtennets kanaler skall komma åt att avoxidera metallytorna är att

Fig. 4.5 Man bör alltid använda lödtenn med inbyggda kanaler, innehållande lödharts. Lödhartset avoxiderar metallytorna när tennet smälter, vilket avsevärt underlättar lödningen.



lödtennet påförs de metallytor som upphettas av kolvspetsen. Förs lödtråden först mot den heta kolvspetsen, förångas hartset och ingen avoxidering inträffar på metallytorna som skall lödas ihop.

Det kan i detta sammanhang nämnas att tilledningstrådarna till elektroniska komponenter alltid är förtenta, vilket innebär att inlödning av sådana komponenter avsevärt underlättas. Tennskiktet på tilledningstrådarna smälter vid lödning och lämnar den underliggande rena kopparytan, som är fri från oxid, tillgänglig för lödning. Förtenta ledningar behöver därför inte rengöras. Lackisolerad tråd, däremot, måste skrapas rent från isolation före lödning. Plastisolerad tråd har i allmänhet förtent ledare antingen det är enkelledare eller mångtrådig ledare som döljer sig under isolationen. Därför räcker det gott att enbart skala av plastisoleringen före lödningen, ytterligare rengöring är överflödig.

Lödspetsens skötsel

Man bör köpa en lödkolv med utbyttbar lödspets och anskaffa åtminstone ett par extra lödspetsar. Om lödspetsen är av koppar, kan den formas med fil så att lödningen underlättas. I fig. 4.6 visas ett par förslag till hur lödspetsar kan utformas. En mejselformad spets a) passar bra vid inlödning av komponenter till lödstift, en snedskuren

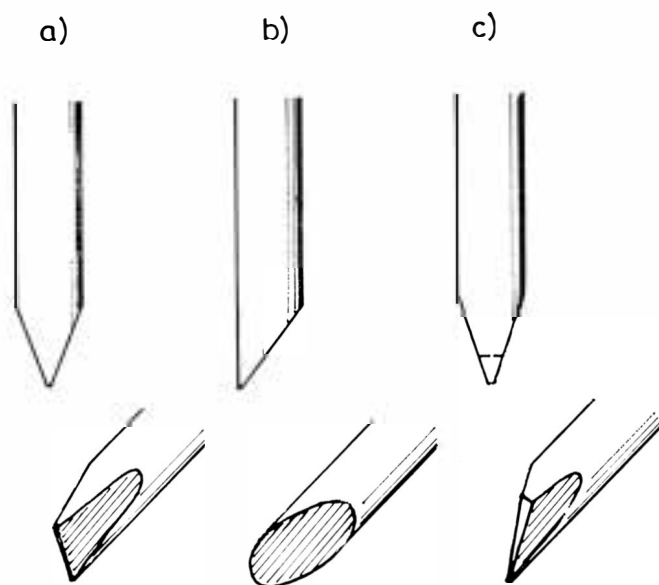


Fig. 4.6 Lödspetsen kan antingen vara mejselformad eller snedskuren. En snedskuren spets är särskilt bra att ha vid lödning på foliekort. Man kommer nämligen lätt åt de mer eller mindre plana lödställena med en sådan spets.

spets b) och c) är lämplig för lödning på foliekort.

Det finns lödspetsar som är försedda med ett tunt skikt av järn + krom eller nickel som inte oxiderar, s. k. long-life-spetsar. Sådana spetsar behåller sin form under hela sin livstid. De har emellertid inte lika bra värmeöverföring som kopparspetsar, och de får inte heller filas eftersom det skyddande skiktet då skadas.

En annan sak som man bör hålla i minnet är att lödkolven alltid bör vara förtent, dvs. man bör se till att spetsen alltid är överdragen med ett tunt tennskikt. En inte förtent kolvspets blir snart omgiven av ett mörkt oxidlager, som hindrar värmeövergången från kolv till lödställe, vilket lätt kan föranleda kallödningar. Innan man anbringar tenn på lödspetsen bör man se till att man har en absolut ren yta på lödspetsen, den bör därför först filas ren och sandpappas.

Kolvspetsen brukar — trots förteningen — efter längre tids användning bli överdragen av en mörk oxidhinna. Man får då torka av den med en linnelapp och sedan försiktigt fila av oxideringen. Därefter förnyas förteningen.

Lödspetsar av koppar vill gärna oxidera även inne i höljet, vilket försämrar värmeövergången. Det kan därför vara skäl att då och då

ta ut lödspetsen ur sitt hölje och rengöra den försiktigt med en fin fil eller ett fint sandpapper.

Lödställ

Lödkolvar är besvärliga verktyg såtillvida att de är heta: lödspetsen skall ju hålla en temperatur omkring $+400^{\circ}\text{C}$. Man måste därför ha

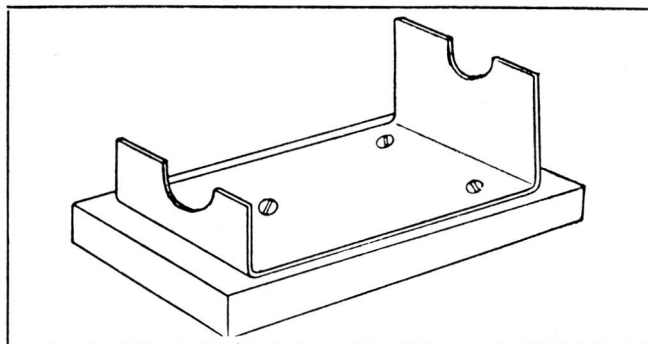


Fig. 4.7 Enkelt lödkolvställ. Tillverkas av en bit aluminiumplåt och en träbit.

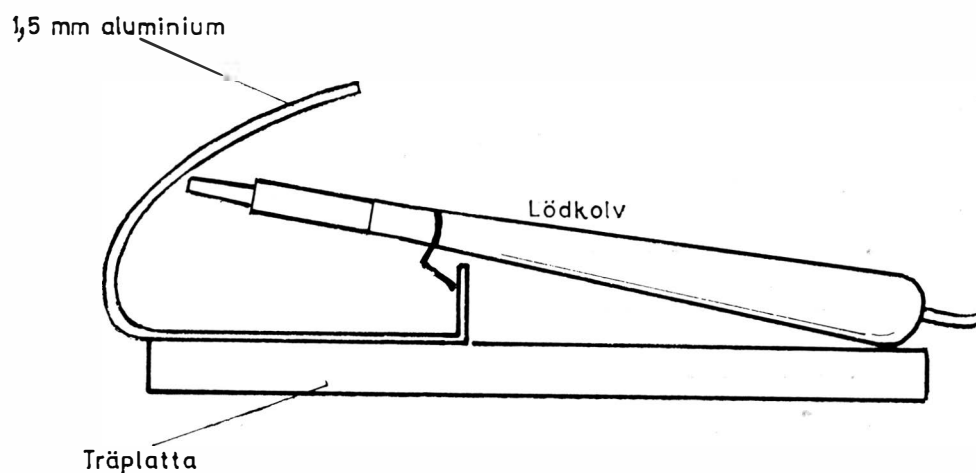


Fig. 4.8 Lödkolvställ med beröringsskydd.

ett särskilt s. k. lödställ, där man kan lägga ifrån sig lödkolven när den inte används under arbetet. (Fig. 4.7.)

Eftersom spetsen är så het, kan den lätt bränna hål på kläder eller andra föremål som oavsiktligt kommer i beröring med den. Det kan därför vara välbetänkt att utforma lödstället som ett beröringsskydd.

Ett sådant lödställ kan tillverkas av en bit plåt, av järn eller aluminium, som bockas till på lämpligt sätt och skruvas fast på en träplatta så som visas i fig. 4.8.

Lödning av foliekort

Vid inlödning av komponenter till ledningsmönstret i foliekort bör man tänka på att tilledningstrådarna vid inlödningen gör god metallisk kontakt med folieledningen. Före inlödningen bör man därför boc-

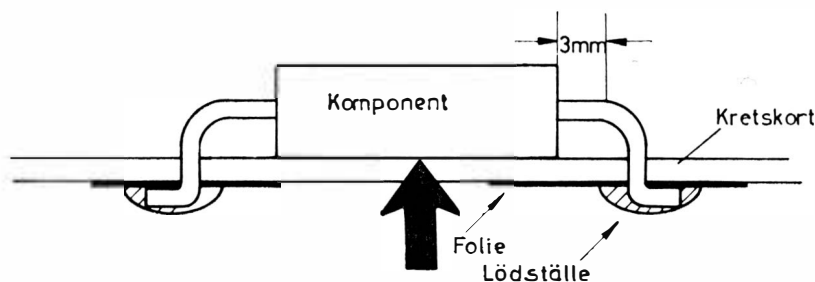


Fig. 4.9 Bocka tilledningstrådarna till de komponenter som skall inlödats till folie så att det blir god metallisk kontakt mellan tilledningstråd och ledningsmönstrets foliemetall. Tryck vid inlödningen komponenterna från kortet så att tilledningstråden stöder mot metallfolien.

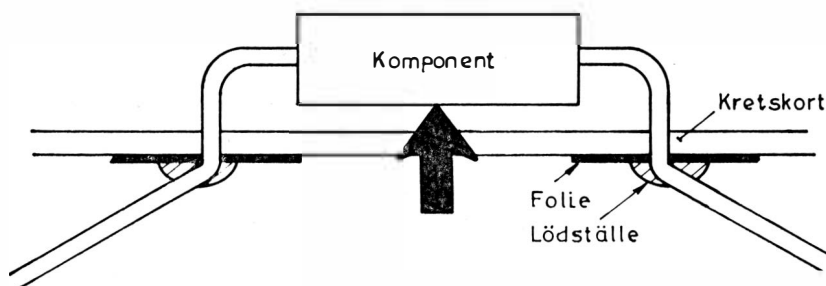


Fig. 4.10 Man kan också bocka tilledningstrådarna till de komponenter som skall lödas in till foliekort så att de bildar 45° vinkel mot kortet. Drag vid inlödningen ut komponenten något från foliekortet så att kontakt uppstår mellan tilledningstrådar och folieledning.

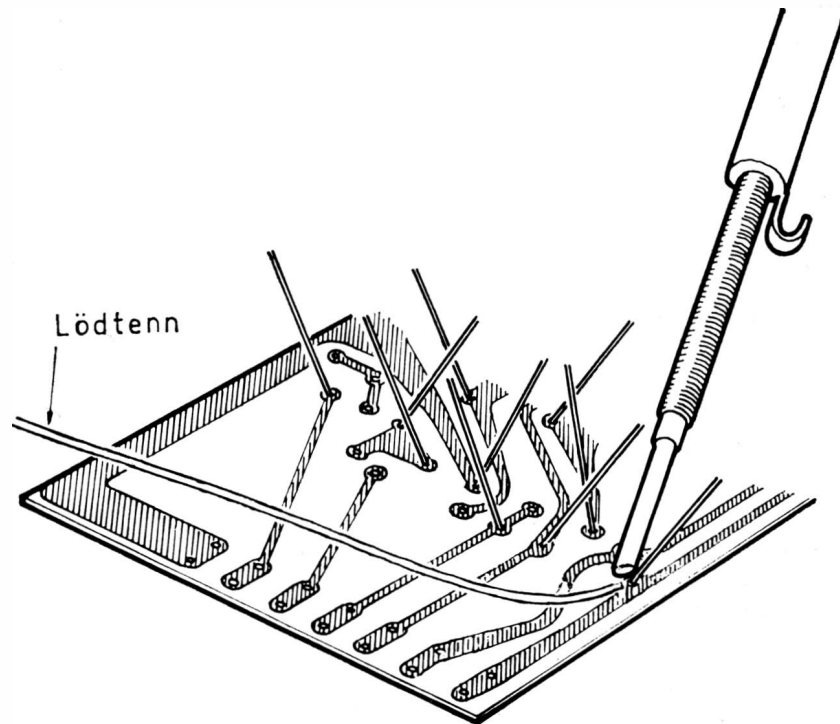


Fig. 4.11 Vid inlödning av komponenter på foliekort bör man stoppa in ca 5 komponenter åt gången och därefter i ett svep löda in dem. Därefter stoppar man in ytterligare ca 5 komponenter och löder in dem osv.

ka ner tillledningstråden mot folien så att man får en lödförbindning som visas i fig. 4.9.

Man bör inte bocka komponenttillledningstrådarna närmare än ca 3 mm från komponentkroppen för att inte tillledningstrådens förankring inne i komponentkroppen skall skadas.

Man kan också göra så som visas i fig. 4.10 vid inlödning av komponenter till foliekort. Man bockar här tillledningstrådarna ca 45° mot kortet så att de på foliesidan stöder säkert mot folieledningen. Vid inlödningen lyfter man komponenten något från kortet så att tillledningstråden kommer i kläm mot folieledningen. Efter lödningen klipper man av tillledningstråden omedelbart ovanför lödstället.

Det brukar vara lämpligt att bocka till och montera ca 5 komponenter i taget på ett foliekort och därefter löda in dem på foliesidan. (Fig. 4.11.) I allmänhet är det bäst att börja med de små kompo-

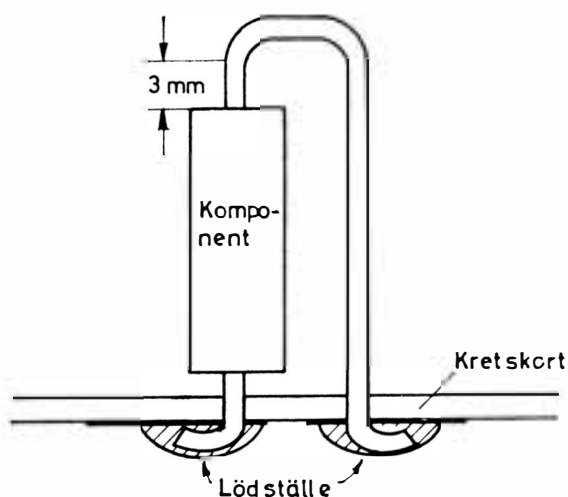


Fig. 4.12 Komponenten kan – om man behöver spara på utrymmet – ställas med sin längdaxel vinkelrätt mot foliekortets plan.

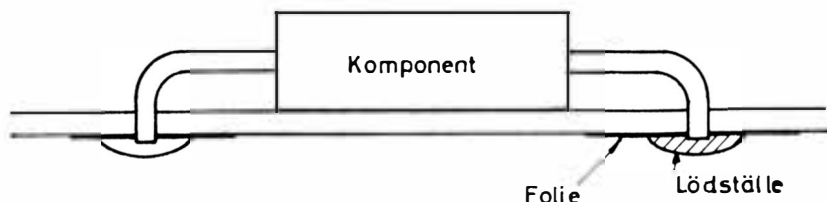


Fig. 4.13 Felaktigt inlödd komponent på foliekort.

nenterna, t. ex. motstånd och småsignaltransistorer, och därefter övergå till de större, kondensatorer, spolar m. m.

Små komponenter kan monteras "vertikalt" på kretskortet om man har ont om plats. (Fig. 4.12.)

Fig. 4.13 visar hur man inte bör löda in en komponent till ett kretskort. Här nås inte tillledningstråden av lödkolvens värme ordentligt och en kallödning uppstår nästan ofelbart.

Vid lödning av foliekort bör man alltid se till att lödkolven uppvärmer *både* folieledning och tillledningstråd och att lödtennet påförs på *tillledningstråden* så att det från denna rinner ner på folieledningen.

Det bör kanske påpekas att de flesta foliekort har en skyddande hinna, oftast av fotoresist. Denna hinna, som ser smutsig ut, smälter emellertid av lödvarmen. Den underliggande folieytan är ren och oftast utan oxidbeläggning, och på den fäster därför lödtennet mycket bra.

5. Frekvens och våglängd

används för att beskriva radiovågorna. Den som tänker syssla med radioteknik måste känna till dessa grundläggande begrepp.

När man börjar syssla med radio, är *våglängd* och *frekvens* bland de första begrepp som man stöter på. Det kan därför vara lämpligt att litet närmare redogöra för vad som menas med dem.

Radiovågorna är en vågrörelse, som i mycket påminner om den vågrörelse som vinden ger upphov till på insjöar och hav. Vi kan tänka oss att vi sitter i en båt och hör små vågor klucka mot båtens sida. Med klockan i hand undersöker vi nu hur många kluckar vi kan höra på en sekund. Detta antal är vågornas *frekvens*, som är antalet ”vågberg” — eller ”vågddalar” — som når en fast punkt, i detta fall båtskrovet, på en sekund. Avståndet mellan två vågberg är lika med vågornas *våglängd*. (Fig. 5.1.)

Vår erfarenhet säger oss att stora vågor har större våglängd än små vågor. Litet eftertanke säger oss också att vågor med lång våglängd måste ha lägre frekvens än vågor med kortare våglängd.

Vi kan i det sammanhanget föreställa oss oceanernas mäktiga vågor med en våglängd på kanske många tiotal meter som rullar in mot stranden. Kanske kommer det endast ett sådant vågberg rullande på 10 sekunder, frekvensen är då $1/10$ vågberg per sekund. Om vi sedan föreställer oss hur små insjövågor med en våglängd på kanske någon decimeter beter sig, så kommer vi lätt fram till att sådana vågor som träffar en fast punkt måste nå denna med ett antal av flera per sekund.

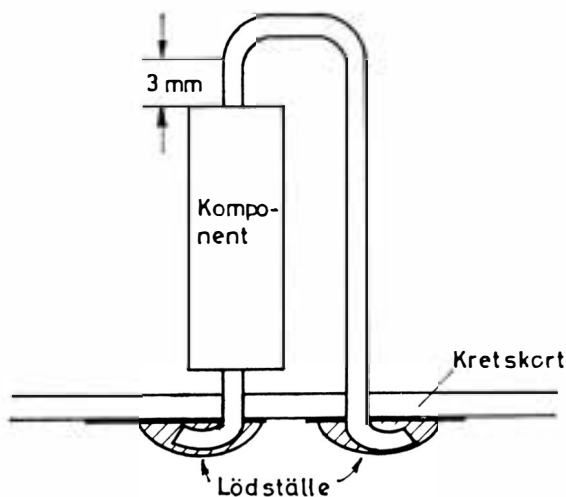


Fig. 4.12 Komponenten kan – om man behöver spara på utrymmet – ställas med sin längdaxel vinkelrätt mot foliekortets plan.

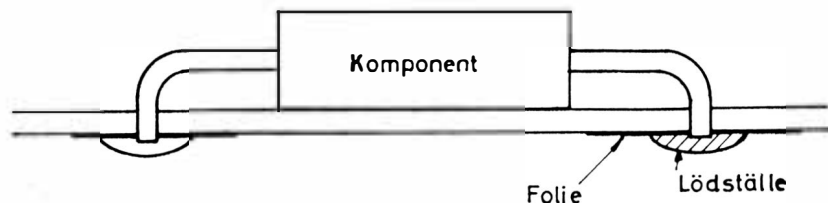


Fig. 4.13 Felaktigt inlödd komponent på foliekort.

nenterna, t. ex. motstånd och småsignaltransistorer, och därefter övergå till de större, kondensatorer, spolar m. m.

Små komponenter kan monteras ”vertikalt” på kretskortet om man har ont om plats. (Fig. 4.12.)

Fig. 4.13 visar hur man inte bör löda in en komponent till ett kretskort. Här nås inte tillledningstråden av lödkolvens värme ordentligt och en kallödning uppstår nästan ofelbart.

Vid lödning av foliekort bör man alltid se till att lödkolven uppvärmer *både* folieledning och tillledningstråd och att lödtennet påförs på *tillledningstråden* så att det från denna rinner ner på folieledningen.

Det bör kanske påpekas att de flesta foliekort har en skyddande hinna, oftast av fotoresist. Denna hinna, som ser smutsig ut, smälter emellertid av lödvarmen. Den underliggande folieytan är ren och oftast utan oxidbeläggning, och på den fäster därför lödtennet mycket bra.

5. Frekvens och våglängd

används för att beskriva radiovågorna. Den som tänker syssla med radioteknik måste känna till dessa grundläggande begrepp.

När man börjar syssla med radio, är *våglängd* och *frekvens* bland de första begrepp som man stöter på. Det kan därför vara lämpligt att litet närmare redogöra för vad som menas med dem.

Radiovågorna är en vågrörelse, som i mycket påminner om den vågrörelse som vinden ger upphov till på insjöar och hav. Vi kan tänka oss att vi sitter i en båt och hör små vågor klucka mot båtens sida. Med klockan i hand undersöker vi nu hur många kluckar vi kan höra på en sekund. Detta antal är vågornas *frekvens*, som är antalet ”vågberg” — eller ”vågddalar” — som når en fast punkt, i detta fall båtskrovet, på en sekund. Avståndet mellan två vågberg är lika med vågornas *våglängd*. (Fig. 5.1.)

Vår erfarenhet säger oss att stora vågor har större våglängd än små vågor. Litet eftertanke säger oss också att vågor med lång våglängd måste ha lägre frekvens än vågor med kortare våglängd.

Vi kan i det sammanhanget föreställa oss oceanernas mäktiga vågor med en våglängd på kanske många tiotal meter som rullar in mot stranden. Kanske kommer det endast ett sådant vågberg rullande på 10 sekunder, frekvensen är då 1/10 vågberg per sekund. Om vi sedan föreställer oss hur små insjövågor med en våglängd på kanske någon decimeter beter sig, så kommer vi lätt fram till att sådana vågor som träffar en fast punkt måste nå denna med ett antal av flera per sekund.

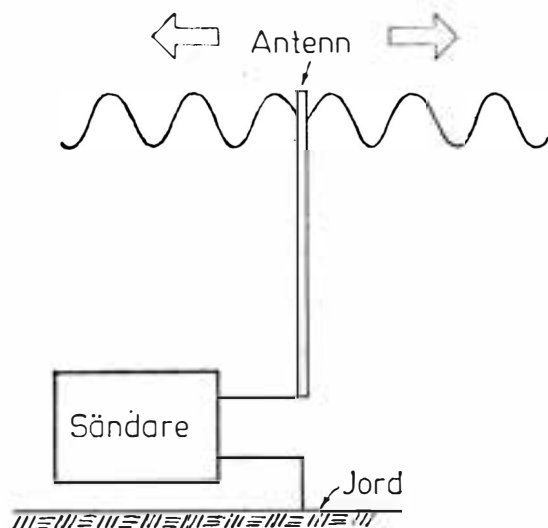


Fig. 5.4 En sändarantenn ger upphov till en vågrörelse i etern, som utbreder sig i alla riktningar från antennen. Jfr fig. 5.2.

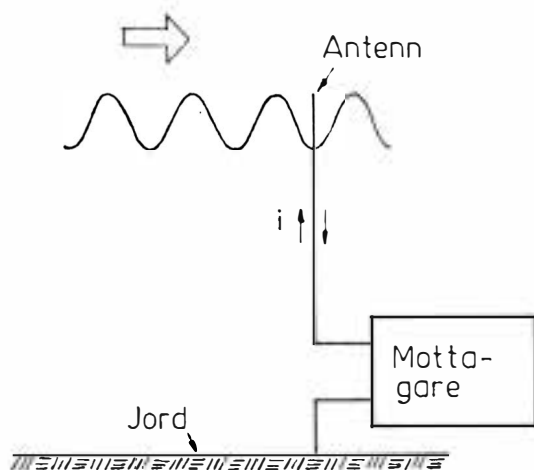


Fig. 5.5 I en mottagarantenn alstrar de infallande radiovågorna en växelström, dvs. en ström som ständigt ändrar riktning. Ett vågberg ger en ström i en riktning, en vågdal en ström i motsatt riktning.

frekvens och vice versa. För att beskriva radiovågorna kan man därför antingen ange våglängden eller frekvensen, det är godtyckligt vilket.

Vad som gör att man kan skilja olika radiostationer från varandra är att de sänder på olika våglängd eller — vilket ju är precis samma sak — på olika frekvens. I radions barndom använde man med förkärlek våglängden för att beskriva de utsända radiovågorna. Numera har man mer och mer gått över till att använda begreppet frekvens för samma sak.

Orsaken härtill är följande: när radiovågorna från en sändare når mottagarantennen ger de i denna upphov till en ström som växlar riktning i takt med vågorna som passerar antennen. Ett vågberg ger en ström i en viss riktning, en vågdal ger en ström i motsatt riktning, det uppstår en *växelström* i antennen. (Fig. 5.5.) Denna växelström i antennen får givetvis samma frekvens som den frekvens radiovågorna har. Det är denna växelström som man förstärker i mottagaren.

När man sysslar med de anordningar som ingår i radiomottagare, har man sålunda inte längre någon nytta av begreppet våglängd; det är frekvensen hos den växelström som man erhåller från antennen som är av betydelse i olika avseenden och inte våglängden hos de radiovågor som har gett upphov till denna ström. När det gäller antenner är det däremot praktiskt att använda sig av våglängden; det är nämligen denna som bestämmer dimensionerna hos antennen.

Kiloperioder och megaperioder per sekund

Våglängden på radiovågor brukar man ange i meter. Radiovågornas frekvens räknas däremot i perioder per sekund. Eftersom radiovågorna har så hög frekvens har man infört måttenheten *kiloperioder per sekund*, varvid man med en kiloperiod per sekund avser 1 000 perioder per sekund. (Jämför enheterna kilogram = 1 000 gram, kilometer = 1 000 meter.)

Exempel: 1,45 kiloperioder per sekund = 1 450 perioder per sekund, 0,15 kiloperioder per sekund = 150 perioder per sekund, 174 kiloperioder per sekund = 174 000 perioder per sekund etc.

För ännu högre frekvenser brukar man använda enheten *megaperioder per sekund*. 1 megaperiod = 1 000 kiloperioder per sekund = 1 000 000 perioder per sekund. 15 megaperioder per sekund betecknar alltså 15 000 kiloperioder per sekund eller 15 000 000 perioder per sekund.

Räkneregler för omvandling från våglängd till frekvens:

Frekvensen i kHz = 300 000 : våglängden i meter

Frekvensen i MHz = 300 : våglängden i meter

Våglängden i meter = 300 000 : frekvensen i kHz

Våglängden i meter = 300 : frekvensen i MHz

Sambandet frekvens — våglängd

Frekvens	Våglängd i m
----------	--------------

30 kHz	10 000
100 kHz	3 000
300 kHz	1 000
1 MHz	300
3 MHz	100
10 MHz	30
30 MHz	10
100 MHz	3
300 MHz	1

kHz, MHz

Man använder numera enheten Herz — efter den tyske fysikern Heinrich Herz som var den förste som experimentellt påvisade radiovågornas existens — för antalet perioder per sekund. Enheten *Herz* förkortas Hz. 150 Hz är alltså = 150 perioder per sekund. Man använder också kilohertz (förkortas kHz) för kiloperioder per sekund (1 kHz = 1 000 Hz) och megahertz (förkortas MHz) för megaperioder per sekund (1 MHz = 1 000 kHz). Vi får alltså lära oss följande enheter för frekvens:

1 period per sekund = 1 Hz,

1 000 perioder per sekund = 1 000 Hz = 1 kHz,

1 000 kiloperioder per sekund = 1 000 kHz = 1 000 000 Hz = 1 MHz.

Lång-, mellan- och kortvåg

Med en ordinär ljudradiomottagare kan man ta in publika ljudradiosändare på *långvågs-* och *mellanvågsbanden*. Långvågsbandet omfattar radiovågor med våglängder mellan 2 000 och 670 m (150—450 kHz), mellanvågsbandet omfattar området 600—190 m (500—1 600 kHz). Många ljudradiomottagare kan också användas för mottagning på vissa delar av *kortvågsområdet*, som omfattar våglängder mellan 100 och 10 m (3—30 MHz). Området mellan långvågs- och mellanvågsbanden 670—600 m (450—500 kHz) samt området mellan mellanvågs- och kortvågsbanden 190—100 m (1 600—3 000 kHz) är reserverat för annan radiokommunikation, bl. a. för sjöfartens radiotrafik.

Ur många synpunkter är det kortvågsområdet som är speciellt intressant för den experimenterande amatören. Här återfinns inte endast mängder av ljudradiosändare på de s. k. rundradiobanden på kortvåg (tab. 5.1), utan här kan man också avlyssna radiotrafik av det mest skiftande slag. Exempelvis kan man på de s. k. amatörbanden på kortvåg (tab. 5.2) lyssna på amatörernas samtal och experiment. Vidare finns här band reserverade för telegrafi och telefoni för sjöfart, flyg m. m.

Men vad som ger kortvågen dess speciella tjusning är att kortvågornas utbredningsegenskaper är sådana att man kan avlyssna mycket avlägsna sändare även med mycket enkel och föga kostsam apparatur. En synnerligen tilltalande egenskap för den experimenterande radioamatören, som ju sällan har något överflöd av pengar!

På våglängder omkring 11 m (27 MHz) återfinns bl. a. ett frekvensband som får utnyttjas för radiostyrning av modeller och det

Tab. 5.1 Frekvensband på kortvåg som är upplåtna för publika ljudradiosändningar.

Frekvensband, kHz	Anmärkning
3 200— 3 400	Även annan radiotrafik
3 950— 4 000	*
4 750— 5 060	**
5 950— 6 200	49-metersbandet
7 100— 7 300	41-metersbandet
9 500— 9 775	31-metersbandet
11 700—11 975	25-metersbandet
15 100—15 450	19-metersbandet
17 700—17 900	16-metersbandet
21 450—21 750	13-metersbandet
25 600—26 100	

Tab. 5.2 Frekvensband på kortvåg som är upplåtna för amatörradiosändningar.

Frekvensband, kHz	Anmärkning
3 500— 3 600	Telegrafi
3 600— 3 800	Telegrafi och telefoni, även annan radiokommunikation tillåten här
7 000— 7 050	Telegrafi
7 050— 7 100	Telegrafi och telefoni
7 100— 7 150	Telegrafi och telefoni, även rundradiosändare
14 000—14 100	Telegrafi
14 100—14 350	Telegrafi och telefoni, delvis annan radiokommunikation tillåten här
21 000—21 150	Telegrafi
21 150—21 450	Telegrafi och telefoni
28 000—28 100	Telegrafi
28 100—29 700	Telegrafi och telefoni

Tab. 5.3 Sändningskanaler inom privatradiobandet 26 958—27 282 kHz.

Kanal nr	Frekvens * kHz	Kanal nr	Frekvens kHz
1	26 965	12	27 105
2	26 975	13	27 115
3	26 985	14	27 125
4	27 005	15	27 135
5	27 015	16	27 155 (nöjesbåtskanal)
6	27 025	17	27 165
7	27 035	18	27 175
8	27 055	19	27 185
9	27 065	20	27 205
10	27 075	21	27 215
11	27 085	22	27 225
11A	27 095 (nödkanal)		

* Avser bärfrekvensen för sändaren.

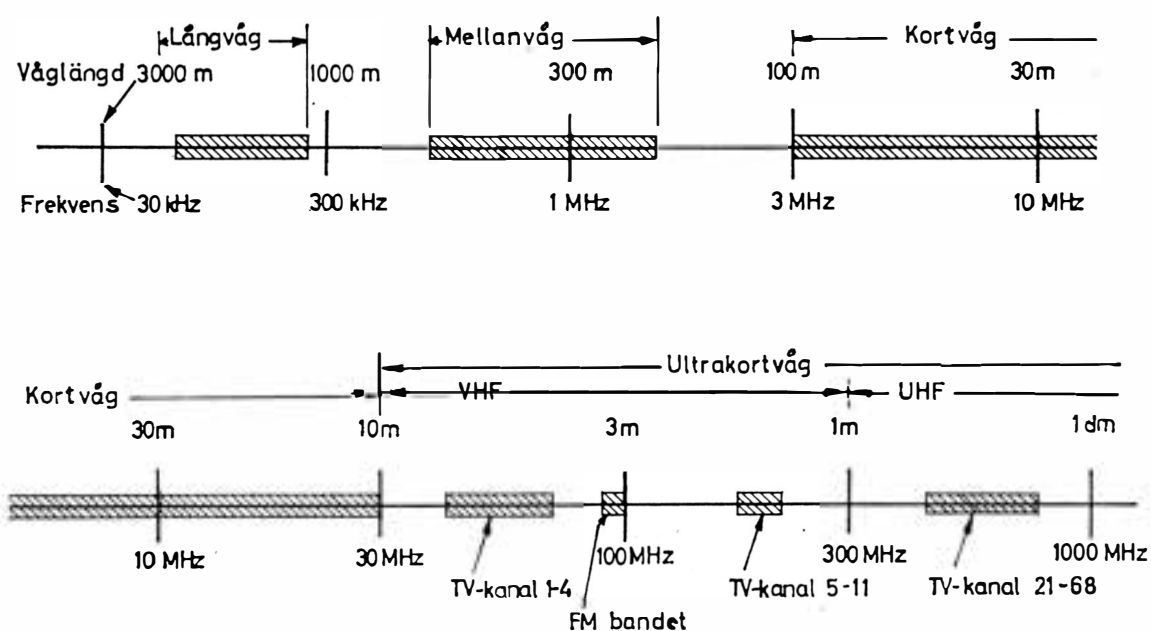


Fig. 5.6 Det radiofrekventa våglängdspektret är uppdelat i olika våglängdsband: långvåg, mellanvåg, kortvåg och ultrakortvåg.

s. k. privatradiobandet, där man kan få tillstånd att utnyttja radiokommunikation för privat bruk (tab. 5.3).

Ultrakortvåg, VHF och UHF

Med ultrakortvåg menar man radiovågor med kortare våglängd än ca 10 m, dvs. med högre frekvens än 30 MHz. Ultrakortvågor mellan 30 MHz och 300 MHz benämns ofta VHF (very high frequencies). På VHF återfinns bl. a. ett band för de ljudradiosändare som sänder de olika svenska radioprogrammen via frekvensmodulerade sändare,

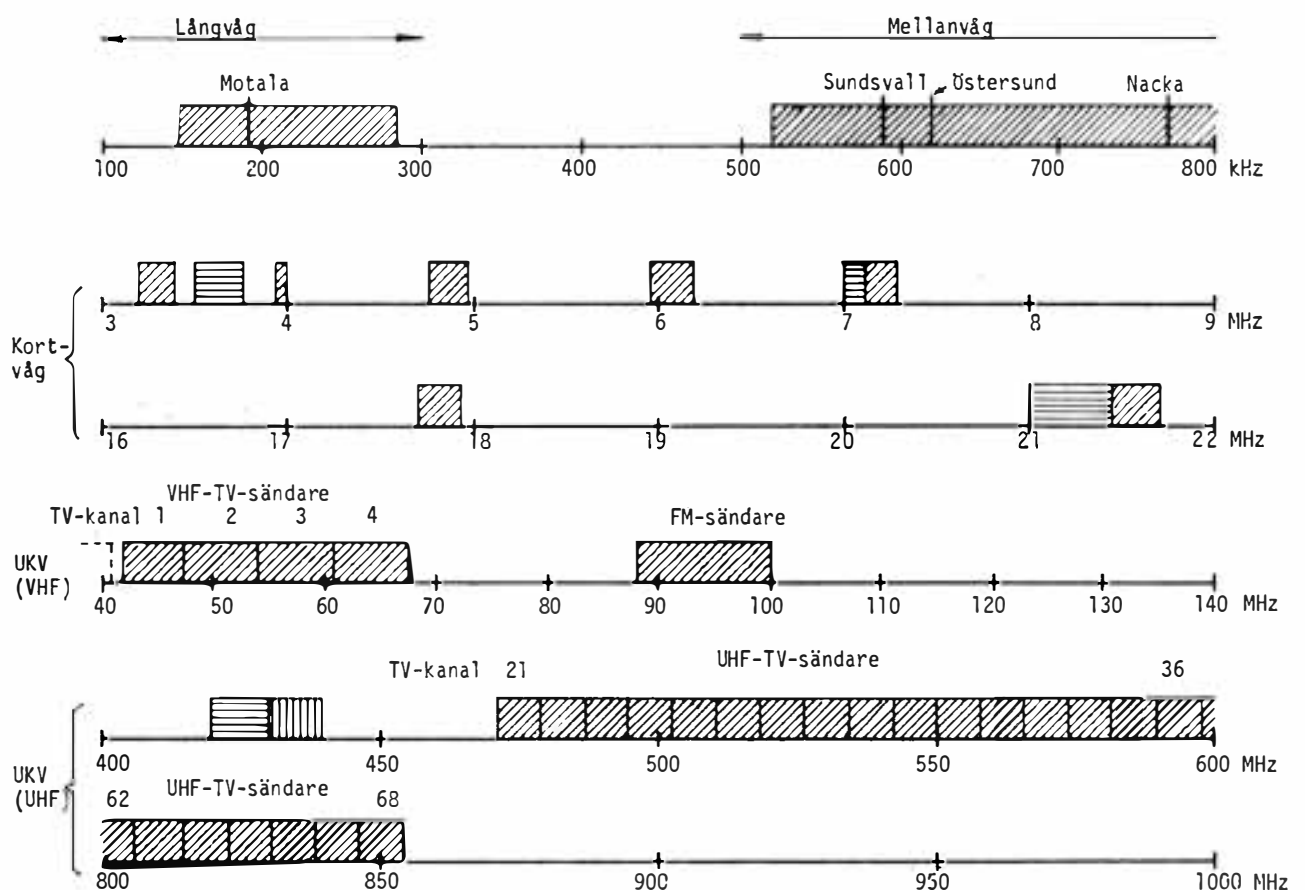
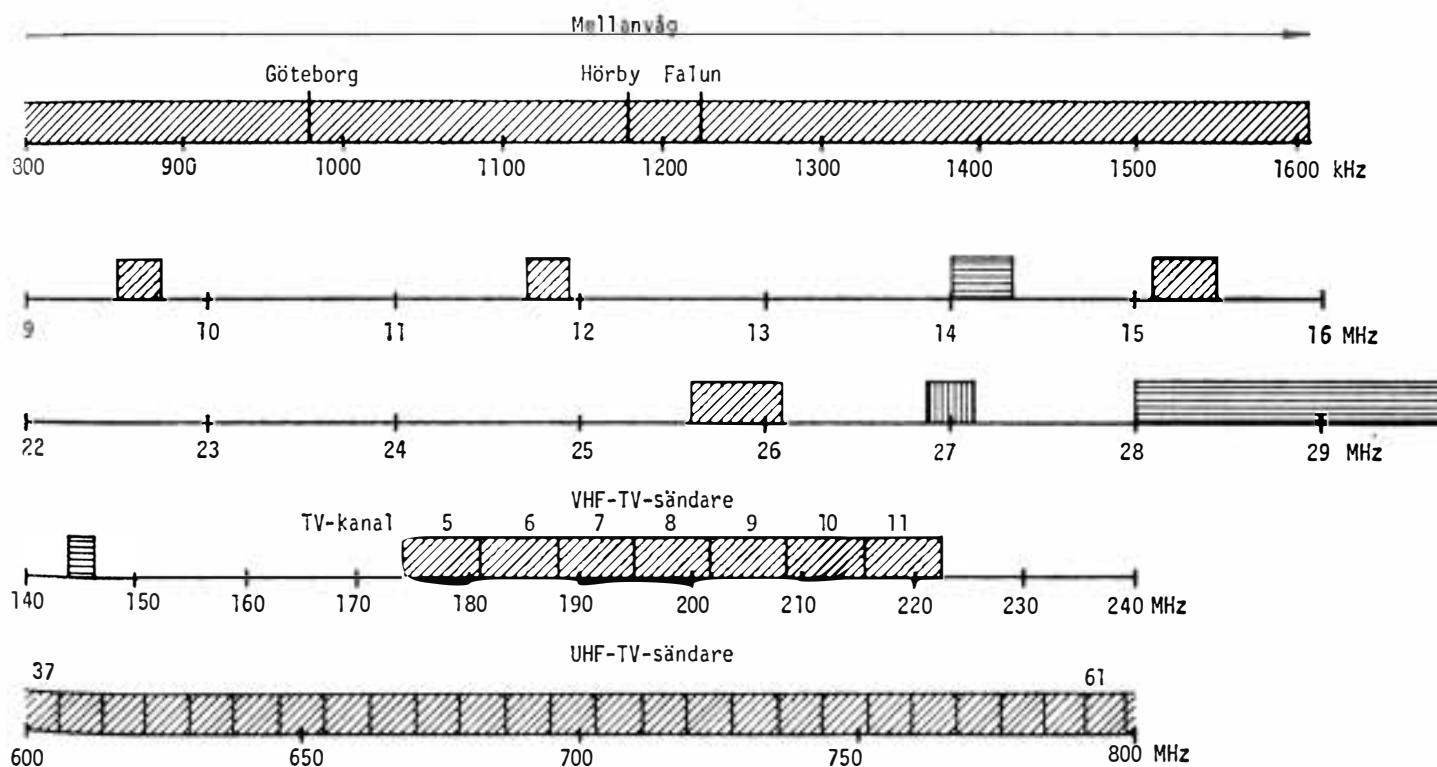


Fig. 5.7 Sammanställning av hur långvågs-, mellanvågs- samt kortvågs- och ultrakortvågsområdena disponeras dels för publika sändningar, dels för amatörsändning. I diagrammet är inprickat några av de större svenska rundradiosändarna på lång- och mellanvåg. Utrymmet mellan de i figuren markerade frekvensbanden upptas av annan radiotrafik, exempelvis för sjöfarten, flygnavigation etc.

FM-sändare. Televisionssändare återfinns också på VHF (TV-kanalerna 1—11). FM-rundradiosändarna går på våglängder mellan 3,0 och 3,5 m (88—100 MHz), television sänds på våglängder mellan 4,5 och 6 m (=47—68 MHz) och 1,0—1,5 m (174—223 MHz). På UHF återfinns bl. a. UHF-TV-kanalerna 21—68 på frekvensbandet mellan 470 och 854 MHz.

På VHF har amatörer tillgång till frekvensbandet 144—146 MHz. Fast och rörlig radiotrafik på kortdistans till lands, sjöss och i luften förekommer på banden 28—41, 68—87,5, 100—108, 117,975—144,



-  Frekvensband för ljudradio och TV
-  Frekvensband för amatörer
-  Frekvensband för privatradio m. m.

146—174 MHz och 235—470 MHz. Flygnavigering mellan 108—117,975 MHz och 216—235 MHz.

Rymdradiotrafik förekommer på VHF på frekvenserna 30, 40, 148,25, 150, 154,20 MHz samt inom banden 136—138, 143,60—143,69, 183,10—184,10 och 267—273 MHz.

I fig. 5.6 återges en sammanställning av de olika våglängdsbandens fördelning inom det radiofrekventa våglängdsområdet, och i fig. 5.7 visas mera i detalj hur de olika frekvensbanden är disponerade. Ytterligare uppgifter om hur radiofrekvenserna är fördelade på olika trafikslag återfinns bl. a. i Schröder: *Radio och elektronikdataboken*. Stockholm 1967.

6. Resistorer och resistans

– ett kapitel om den enklaste byggstenen inom radiotekniken.

Resistorer (eller ”motstånd” som man också säger) används i mycket stor utsträckning i varje radioapparat; de utgör tillsammans med kondensatorer och induktansspolar de grundstenar av vilka man bygger upp stommen i radiokonstruktioner.

Det finns olika slag av resistorer, dels fasta, dels variabla. När det gäller fasta resistorer brukar man skilja på stavmotstånd och trådlindade motstånd. Typiskt för dessa resistorer är att deras egenskaper inte påverkas av riktningen av den ström som passerar dem.

Resistans

Om en resistor genomflyts av en elektrisk ström, kommer det att i resistorns material uppstå ett slags ”elektrisk friktion”. Den energi som går åt för att övervinna denna friktion omvandlas i värme. Ju större resistans ett motstånd har och ju kraftigare ström som passerar motståndet, ju varmare blir det.

Resistansen hos motstånd mäts i ohm, kiloohm (förkortas kohm eller $k\Omega$), eller megohm (förkortas Mohm eller $M\Omega$). Följande samband gäller mellan de olika måttenheterna:

$$1 \text{ Mohm} = 1\,000 \text{ kohm} = 1\,000\,000 \text{ ohm.}$$

Stavmotstånd

Stavmotstånden består i princip av en isolerande kropp, på vilken anbringats ett skikt av motståndsmaterial, kolskikt, metallskikt eller metalloxidskikt, som ger stavmotståndet en viss resistans. (Fig. 6.1 a och b.) Det finns också stavmotstånd i form av massiva stavar av kol + tillsatsmedel, s. k. kolmotstånd. (Fig. 6.1 c.)

Stavmotstånd tillverkas med resistansen i ett antal standardvärden. De vanligen använda motstånden har $\pm 20\%$ tolerans (E6-serien) och finns att få i de resistansvärden som anges i tab. 6.1. Det finns också motstånd med $\pm 10\%$ resistanstolerans (E12-serien) och i de resistansvärden som anges i tab. 6.2; vidare finns motstånd med 5% resistanstolerans (E24-serien).

Stavmotstånden tillverkas för 1/4, 1/2, 1 eller 2 watts (förkortas W) belastning. I de flesta fall brukar man använda sig av 1/2 eller 1/4 W motstånd, i speciella fall får man dock ta till motstånd för större effekt, vilket då speciellt anges i principschemat eller stycklistan. När

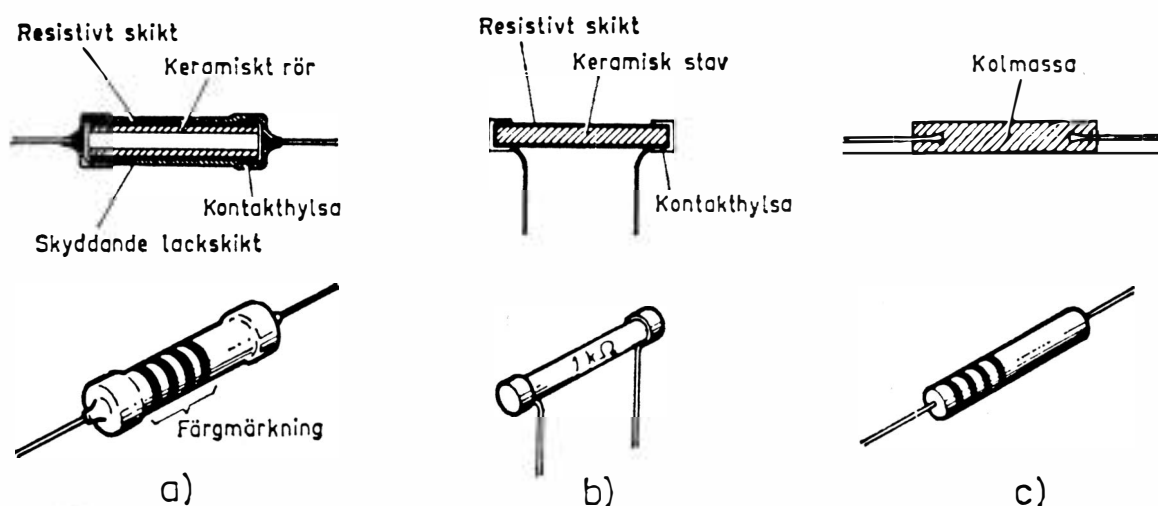


Fig. 6.1 Några olika utförandeformer för stavmotstånd: a) ytskikt-motstånd på keramiskt rör med tillledningstrådar löddas till metallhattar som pressats över rörets ändar, b) ytskikt-motstånd på keramisk stav med tillledningstrådar, löddas till metallhattar, pressade över stavmotståndets ändar, och c) kolmotstånd med i massan inbakade tillledningstrådar.

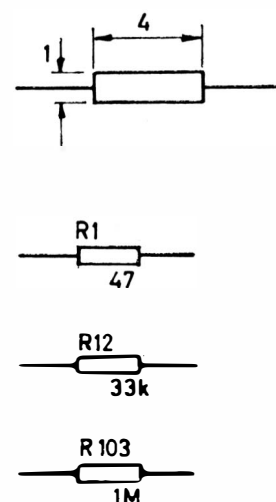
Tab. 6.1 Standardresistansvärden enligt E-6-serien för stavmotstånd, 20 % tolerans.

10 ohm	100 ohm	1 kohm	10 kohm	100 kohm
15 "	150 "	1,5 "	15 "	150 "
22 "	220 "	2,2 "	22 "	220 "
33 "	330 "	3,3 "	33 "	330 "
47 "	470 "	4,7 "	47 "	470 "
68 "	680 "	6,8 "	68 "	680 "

Tab. 6.2 Standardresistansvärden enligt E12-serien för stavmotstånd, 10 % tolerans.

10 ohm	100 ohm	1,0 kohm	10 kohm	100 kohm
12 "	120 "	1,2 "	12 "	120 "
15 "	150 "	1,5 "	15 "	150 "
18 "	180 "	1,8 "	18 "	180 "
22 "	220 "	2,2 "	22 "	220 "
27 "	270 "	2,7 "	27 "	270 "
33 "	330 "	3,3 "	33 "	330 "
39 "	390 "	3,9 "	39 "	390 "
47 "	470 "	4,7 "	47 "	470 "
56 "	560 "	5,6 "	56 "	560 "
68 "	680 "	6,8 "	68 "	680 "
82 "	820 "	8,2 "	82 "	820 "

Fig. 6.2 Symbolen för en resistor. Nederst i fig. visas exempel på hur man förser resistorsymbolen med beteckningen (R1, R12 etc) och hur man anger resistansvärdet (k = kilohm, M = megohm: inget prefix efter resistanssiffran anger ohm).



inte något särskilt anges i schemat beträffande den effekt motstånden skall tåla, utgår man från att $1/2$ W motstånd kan användas.

I fig. 6.2 visas hur symbolen för ett stavmotstånd ser ut. I denna figur visas också hur man betecknar motstånd (R_1 , R_{12} etc.) och hur resistansvärdet anges.

Radioteknikerns multiplikationstabell:

Färgkoden för stavmotstånd

Stavmotstånd är oftast försedda med resistansmärkning med hjälp av färger, som anbringas efter ett visst system. (Fig. 6.3 och 6.4.) De färger som kommer till användning är de vanliga spektralfärgerna, varvid de jämna talen representeras av färgerna *rött* (=siffran 2), *gult* (=siffran 4), *blått* (=siffran 6) och *grått* (=siffran 8), medan de udda talen representeras av färgerna *svart* (=siffran 0), *brunt* (=siffran 1), *orange* (=siffran 3), *grönt* (=siffran 5), *violett* (=siffran 7) och *vitt* (=siffran 9). Som framgår av fig. 6.4 markeras, när det gäller kolmotstånd med 20 %, 10 % och 5 % tolerans, endast första och andra

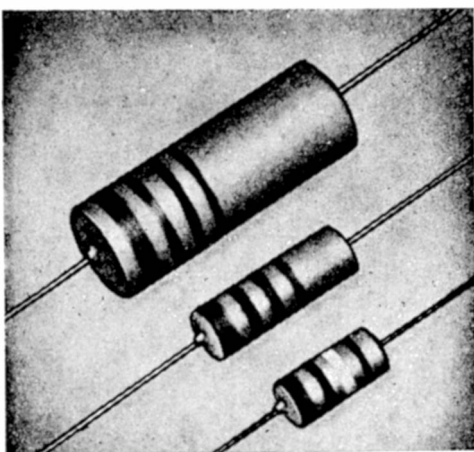


Fig. 6.3 Exempel på stavmotstånd, märkta med färgkod.

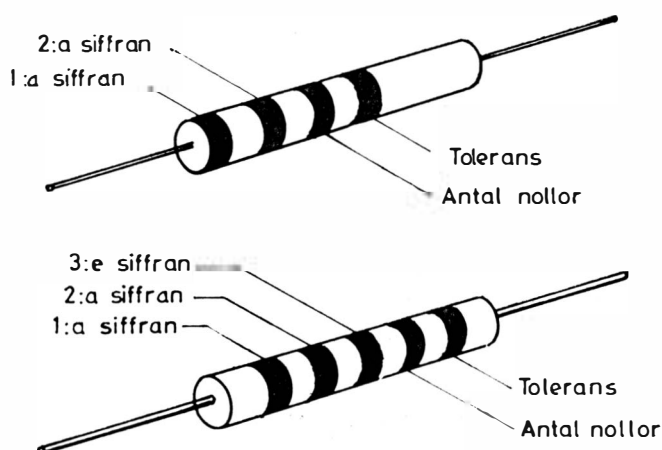


Fig. 6.4 Olika system för färgmärkning av motstånd. Överst färgmärkning av motstånd för ± 20 , ± 10 och ± 5 % tolerans. Nederst färgmärkning av precisionsmotstånd för ± 2 och ± 1 % tolerans.

Tab. 6.3 Nyckeln till färgkoden för stavmotstånd.

Siffror och antalet nollor		Tolerans	
Svart	0	Ingen färg	$\pm 20 \%$
Brun	1	Silver	$\pm 10 \%$
Röd	2	Guld	$\pm 5 \%$
Orange	3	Röd	$\pm 2 \%$
Gul	4	Brun	$\pm 1 \%$
Grön	5		
Blå	6		
Violett	7		
Grå	8		
Vit	9		

Tab. 6.4 Färgmärkningen för de vanligaste stavmotstånden med 20 % tolerans.

10 ohm brun—svart—svart	100 ohm brun—svart—brun
15 ohm brun—grön—svart	150 ohm brun—grön—brun
22 ohm röd—röd—svart	220 ohm röd—röd—brun
33 ohm orange—orange—svart	330 ohm orange—orange—brun
47 ohm gul—violett—svart	470 ohm gul—violett—brun
68 ohm blå—grå—svart	680 ohm blå—grå—brun
1 kohm brun—svart—röd	10 kohm brun—svart—orange
1,5 kohm brun—grön—röd	15 kohm brun—grön—orange
2,2 kohm röd—röd—röd	22 kohm röd—röd—orange
3,3 kohm orange—orange—röd	33 kohm orange—orange—orange
4,7 kohm gul—violett—röd	47 kohm gul—violett—orange
6,8 kohm blå—grå—röd	68 kohm blå—grå—orange
100 kohm brun—svart—gul	1 Mohm brun—svart—grön
150 kohm brun—grön—gul	1,5 Mohm brun—grön—grön
220 kohm röd—röd—gul	2,2 Mohm röd—röd—grön
330 kohm orange—orange—gul	3,3 Mohm orange—orange—grön
470 kohm gul—violett—gul	4,7 Mohm gul—violett—grön
680 kohm blå—grå—gul	6,8 Mohm blå—grå—grön

siffran samt antalet nollor som skall tillfogas. Talet anger resistansen i ohm. Den fjärde färgen anger toleransen, 5, 10 eller 20 % i resistansvärdet, varvid guldfärg anger 5 %, silver 10 % och ingen färg alls 20 % tolerans. En "nyckel" till färgmärkningskoden ges i tab. 6.3.

De vanligen använda motstånden med 20 % tolerans får den färgmärkning som anges i tab. 6.4.

Metallfilmsmotstånd och kolskiktssmotstånd, som tillverkas med snävare toleranser, har fem färgringar i stället för fyra, eftersom det fordras flera siffror för att ange resistansvärdet. Färgringen för tolerans har färgen röd för $\pm 2\%$ och brun för $\pm 1\%$ tolerans.

Det praktiska med de färgmarkerade stavmotstånden är att man lätt i en koppling kan läsa av resistansvärdet utan att man behöver vrida och vända på motståndet för att få fram siffermärkning. Detta kan vara besvärligt i apparater där det är trångt om utrymmet.

Trådlindade motstånd

Trådlindade motstånd består av tunn tråd, vanligen konstantan eller liknande med hög resistans, upplindad på ett isolerande underlag.

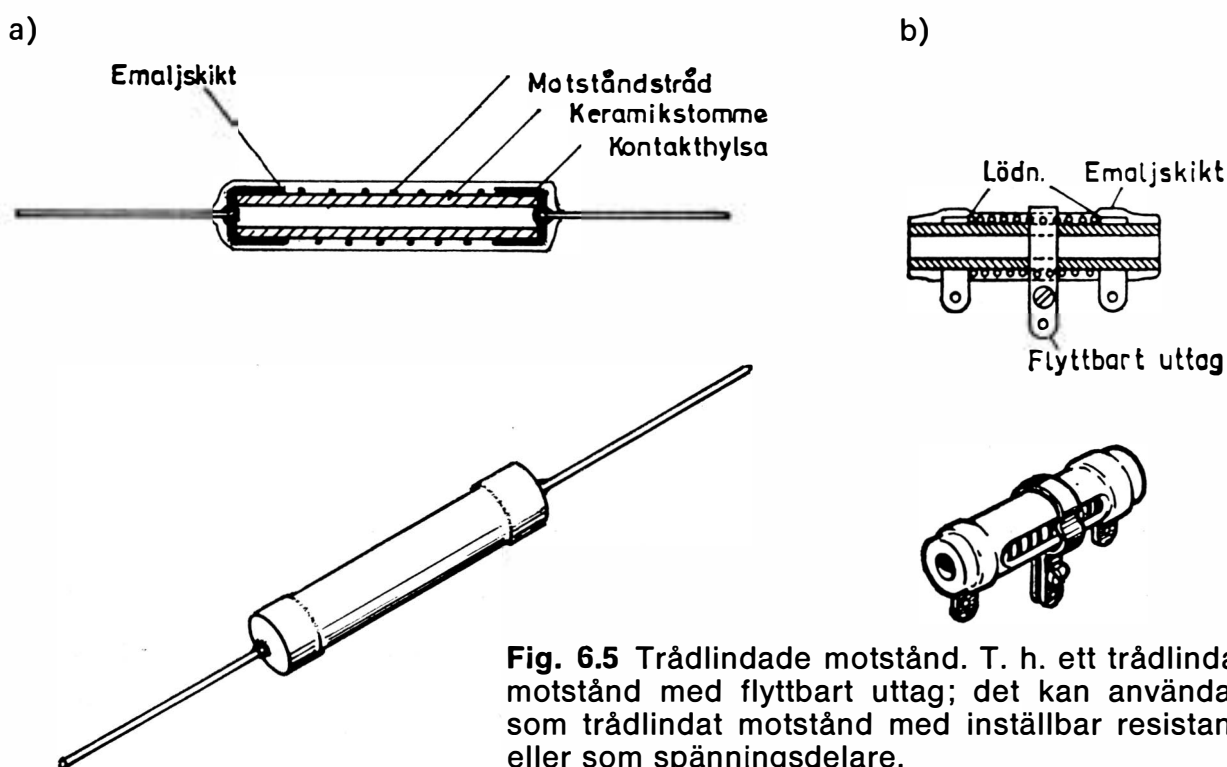
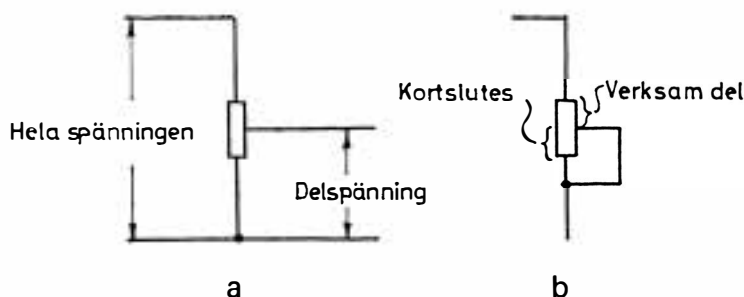


Fig. 6.5 Trådlindade motstånd. T. h. ett trådlindat motstånd med flyttbart uttag; det kan användas som trådlindat motstånd med inställbar resistans eller som spänningsdelare.

Fig. 6.6 a) Principen för spänningsdelare. b) En spänningsdelare kan också användas som variabelt motstånd.



(Fig. 6.5 a.) Dyliska trådlindade motstånd, som tillverkas i resistansvärden från några få ohm upp till flera hundra kiloohm, tål högre effekt än stavmotstånd och används i de fall man måste inkoppla ett motstånd i en strömkrets som genomflyts av en kraftig ström. Men man kan inte utan vidare använda sådana motstånd i strömkretsar med radiofrekvent ström, eftersom motståndet då verkar som en induktans; tråden är ju upplindad i spiral på en spolstomme. Växelsrömsresistansen eller impedansen blir då en helt annan än den för likström. (Se kap. 8.)

Trådlindade motstånd tillverkas för 2, 5, 10, 25, 50 och upp till 100 W belastning.

Spänningsdelare

Ofta förses trådlindade motstånd med ett förskjutbart uttag (fig. 6.5 b), som gör kontakt mot den på isolationsmaterialet upplindade tråden. Man får då en s. k. *spänningsdelare*. Med en sådan kan man ta ut en del av det över motståndet uppträdande spänningsfallet, som uppstår när motståndet genomflyts av en ström. Om man använder endera av spänningsdelarens ytteruttag och det rörliga uttaget, kan man genom att förskjuta det rörliga uttaget få ett variabelt motstånd. (Fig. 6.6 a och b.) Resistansvärdet kan tydligen ställas in på olika värden, beroende på hur många varv av motståndstråden som kommer med i strömkretsen.

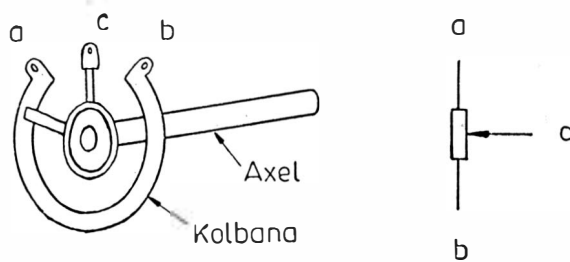


Fig. 6.7 T. v. Schematisk skiss, visande hur en kolpotentiometer är uppbyggd. T. h. principalschemat för potentiometern; (a), (b) och (c) är potentiometerns ytterklämmor.

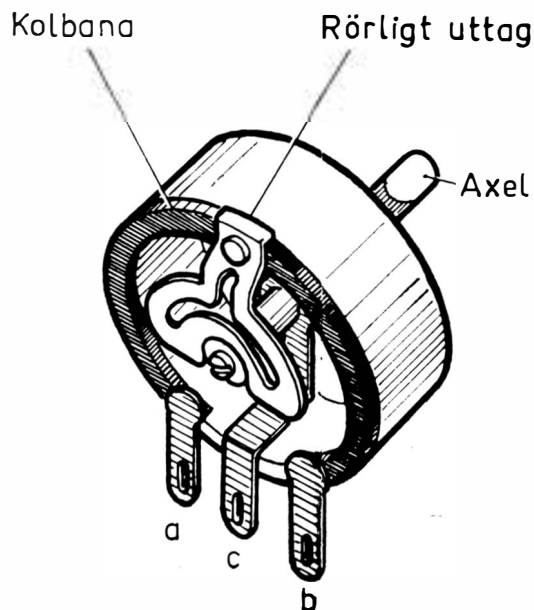


Fig. 6.8. I princip är en kolpotentiometer uppbyggd på detta sätt.

Potentiometrar

Potentiometrar är spänningsdelare med lätt rörligt uttag. Kolpotentiometern är uppbyggd av en cirkulärt anordnad kolbana, över vilken löper en arm som gör kontakt med kolet. Armen manövreras med en axel. (Fig. 6.7, 6.8.) En kolpotentiometer kan användas som variabel spänningsdelare i kretsar där man har låga spänningar och strömmar. Den används ofta som s. k. volymkontroll för att påföra exempelvis basen i en transistor en större eller mindre del av en signalspänning som påförs mellan potentiometerns ytteruttag.

I *logaritmiska potentiometrar* är kolbanan utformad på ett sådant sätt att den uttagna delspänningen inte ökar linjärt utan *logaritmiskt* när potentiometeraxeln vrids. Vid en logaritmisk potentiometer använd som spänningsdelare kommer alltid en viss vridningsvinkel att

motsvara en viss relativ utspänningsändring. (30° vridning motsvarar ungefär en fördubbling eller halvering av utspänningen. Fig. 6.9.)

Dylika potentiometrar används ofta som volymkontroll i tonfrekvensförstärkare och radioapparater.

Trådlindade potentiometrar är i princip byggda på samma sätt som kolpotentiometrar men har en motståndsbana bestående av en på en isolerande cirkulär kropp upplindad motståndstråd. (Fig. 6.10.) Trim-potentiometrar (fig. 6.11) är små miniatyrpotentiometrar. De ut-

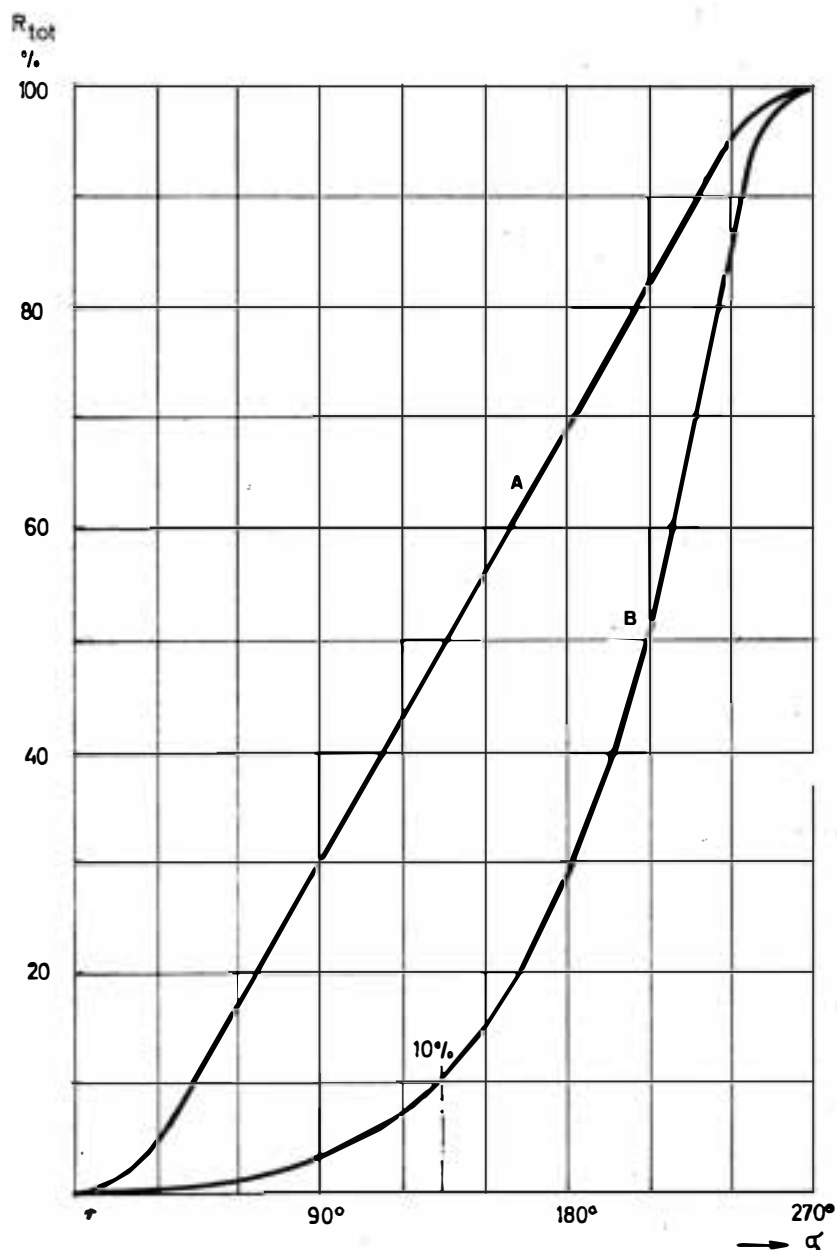


Fig. 6.9 Diagram visande resistansen som funktion av vridningsvinkeln för potentiometeraxeln dels för potentiometer med linjär motståndsbana (kurva A), dels för potentiometer med logaritmisk motståndsbana (kurva B). Resistansen anges i % av motståndsbansans resistans.

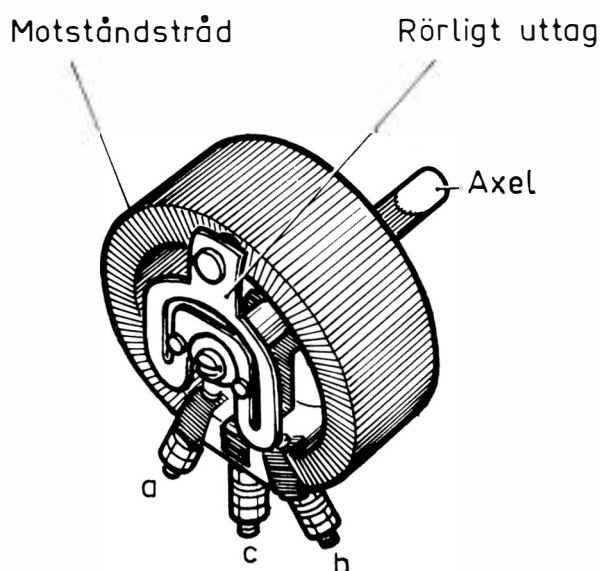


Fig. 6.10 I en trådlindad potentiometer består motståndsbanan av en upplindad motståndstråd mot vilken det rörliga uttaget gör kontakt.

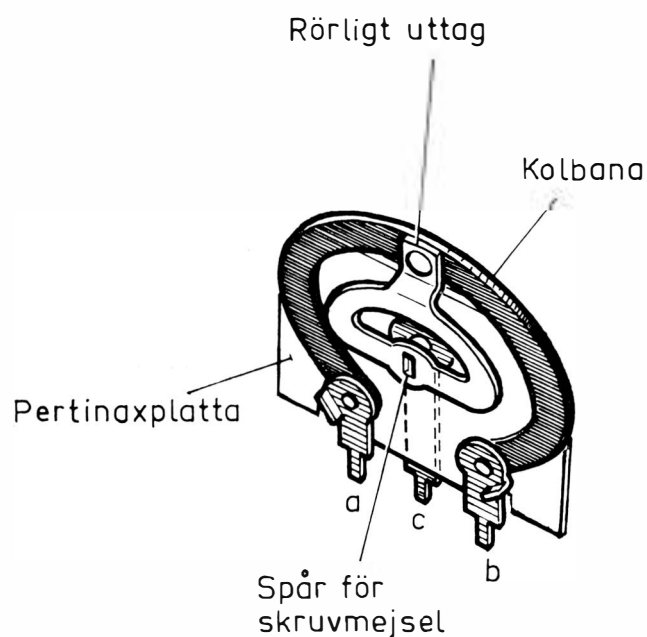


Fig. 6.11 Små trimpotentiometer har motståndsbana av kolmassa; potentiometers rörliga arm ställs in med skruvmejsel.

nyttjas i de fall man vill ha ett motstånd med inställbart resistansvärde som man då ställer in en gång för alla med hjälp av en skruvmejsel. Trimpotentiometrar kan också givetvis användas som inställbara spänningsdelare. Maximalt tillåten belastning på trimpotentiometrar är ofta $1/2$ eller 1 W.

Ohms lag

När ett motstånd genomflyts av en elektrisk ström, uppstår det över motståndet ett spänningsfall. Detta spänningsfall anges, liksom polspänning för ett batteri, i volt, och man kan mäta upp spänningsfall med en vanlig voltmeter. (Fig. 6.12.) Det föreligger ett samband mellan den ström som genomflyter motståndet, resistansen i motståndet och det uppstående spänningsfallet. Detta samband benämns Ohms lag (fig. 6.13), som lyder:

spänningsfallet i volt = strömmen i milliampere $\times$ resistansen i kohm.

Man kan också formulera Ohms lag på följande sätt :

spänningsfallet i volt = strömmen i ampere $\times$ resistansen i ohm.

Strömmen kan mätas i ampere (förkortas A), i milliampere (förkortas mA) eller i mikroampere (förkortas μ A). Följande samband gäller mellan dessa enheter :

$$1 \text{ ampere} = 1\,000 \text{ mA} = 1\,000\,000 \mu\text{A}.$$

$$1,15 \text{ ampere är alltså} = 1\,150 \text{ mA}; 0,65 \text{ mA} = 650 \mu\text{A etc.}$$

Spänningen kan mätas i volt (förkortas V), i millivolt (förkortas mV) eller i mikrovolt (förkortas μ V). Följande samband råder mellan dessa enheter :

$$1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV} = 1\,000\,000 \mu\text{V}.$$

$$0,55 \text{ V är alltså} = 550 \text{ mV}; 1,45 \text{ mV} = 1\,450 \mu\text{V etc.}$$

Resistansen kan — som omnämndes i början av detta kapitel — mätas i ohm (förkortas Ω), i kilohm (förkortas kohm eller $k\Omega$) eller i megohm (förkortas Mohm eller $M\Omega$). Följande samband råder mellan de olika enheterna :

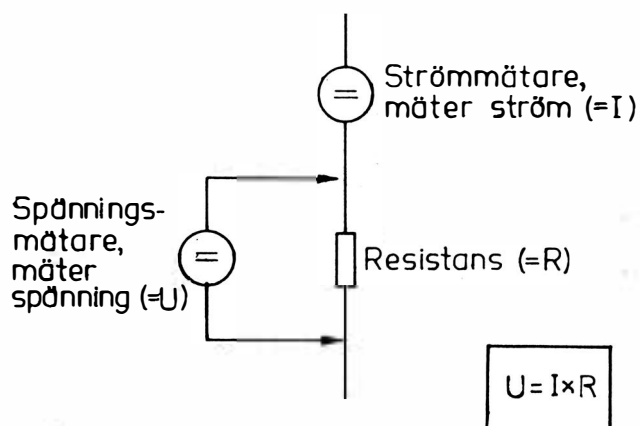


Fig. 6.12 Ohms lag. Se texten.

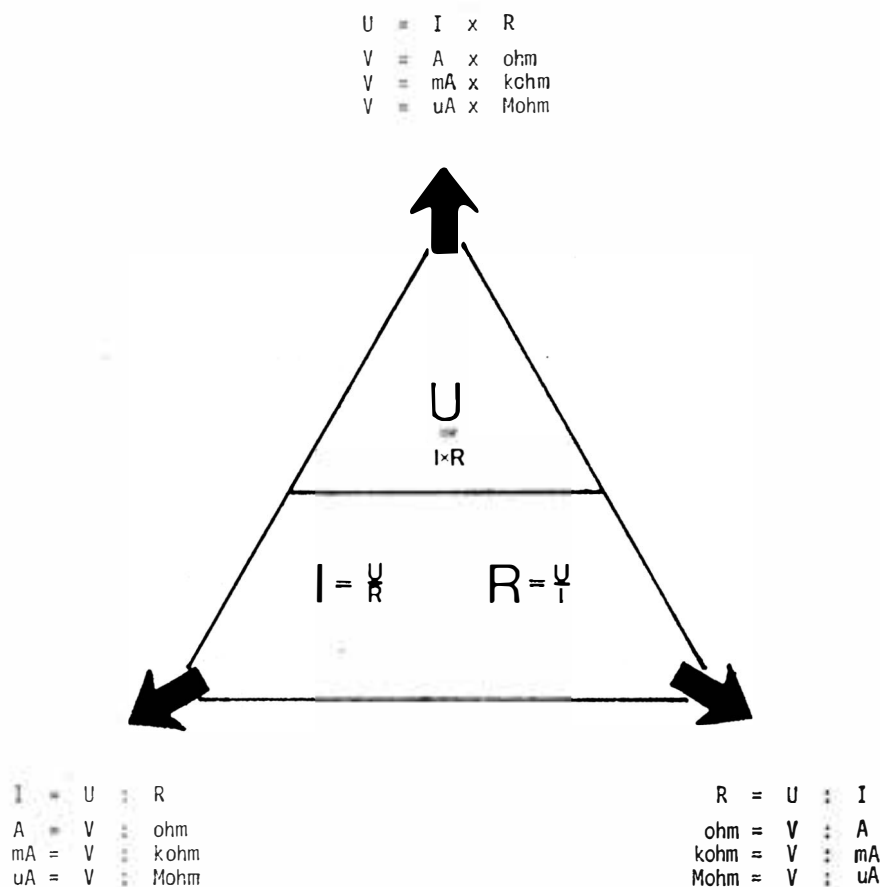


Fig. 6.13 Ohms lag kan skrivas på flera sätt beroende på om det gäller att ta reda på ström (I), spänning (U) eller resistans (R) i en strömkrets.

1 Mohm = 1 000 kohm = 1 000 000 ohm.

0,56 Mohm är alltså = 560 kohm, 56 ohm = 0,056 kohm etc.

Exempel: a) Genom ett stavmotstånd på 1 kohm flyter 10 mA. Hur stort blir spänningsfallet över motståndet? Enligt Ohms lag $U = I \times R = 10 \times 1 = 10$ volt.

b) Över ett motstånd på 47 ohm kan man uppmäta 9,4 V spänningsfall. Hur stor ström genomflyter motståndet? Enligt Ohms lag $U = I \times R$ fås $9,4 = 47 \times R$; $R = 9,4 : 47 = 0,2$ A.

c) Över ett motstånd på 1 Mohm = 1 000 kohm läggs 100 V. Hur stor ström uppstår genom motståndet? Enligt Ohms lag:

$100 = I \times 1\,000$. $I = 100 : 1\,000 = 0,1$ mA.

Tillåten belastning på olika slag av motstånd

Vi har redan inledningsvis i detta kapitel omnämnt att resistorer uppvärms när de passeras av elektrisk ström. Denna uppvärmning blir

starkare ju starkare strömmen är och ju högre resistans man har i motståndet. Om ett motstånd uppvärms för mycket, kan det skadas, och man får därför se till att man tar till ett motstånd som tål den belastning det utsätts för. Denna tillåtna belastning anges i effektenheten watt (W). I tab. 6.5 ges uppgifter om vilken ström man kan till-

Tab. 6.5 Max. tillåten ström i milliampere (mA) genom olika slag av motstånd vid några vanliga resistansvärden.

Resistans- värde	Typ av motstånd						
	Stavmotstånd				Trådlindade motstånd		
	1/4 W	1/2 W	1 W	2 W	10 W	50 W	100 W
100 ohm	50	72	100	144	320	720	1 000
150 "	42	60	84	120	260	600	840
220 "	35	49	70	98	220	490	700
330 "	28	40	56	80	180	400	560
470 "	23	32	46	64	150	320	460
680 "	20	27	40	54	120	270	400
1 kohm	16	22	32	44	100	220	320
1,5 "	13	19	26	38	84	190	260
2,2 "	11	15	22	30	70	150	220
3,3 "	9	13	18	26	56	130	180
4,7 "	7,5	10	15	20	46	100	150
6,8 "	6,2	9	12	18	40	90	120
10 kohm	5	7,2	10	14,4	32	72	100
15 "	4,2	6,0	8,4	12	26	60	84
22 "	3,5	4,9	7,0	9,8	22	49	70
33 "	2,8	4,0	5,6	8,0	18	40	56
47 "	2,3	3,2	4,6	6,4	15	32	46
68 "	2	2,7	4,0	5,4	12	27	40
100 kohm	1,6	2,2	3,2	4,4	10	22	32
150 "	1,3	1,9	2,6	3,8	8,4	19	26
220 "	1,1	1,5	2,2	3,0	7,0	15	22
330 "	0,9	1,3	1,8	2,6	5,6	13	18
470 "	0,75	1,0	1,5	2,0	4,6	10	15
680 "	0,62	0,9	1,2	1,8	4,0	9	12
1 Mohm	0,5	0,72	1,0	1,44	—	—	—

låta i motstånd av olika slag, stavmotstånd för 1/4 W, 1/2 W, 1 W och 2 W samt trådlindade motstånd för 10 W, 50 W och 100 W.

Serie- eller parallellkoppling av motstånd

Vid experimentarbete med radio inträffar det ofta att man behöver ett motstånd med ett resistansvärde som man inte råkar ha tillgängligt. I sådana fall behöver man inte stå handfallen, man kan nämligen genom serie- eller parallellkopplingar av motstånd som man har till hands få fram nya resistansvärden.

Exempelvis kan man genom seriekoppling av motstånd R_1 och R_2 få fram ett resulterande motstånd som är = summan av resistanserna R_1 och R_2 . (Fig. 6.14.)

Exempel: Om man seriekopplar ett motstånd på 220 ohm med ett på 330 ohm, får man ett resulterande motstånd som är $= 220 + 330 = 550$ ohm.

Även genom parallellkoppling av motstånd kan man få fram nya resistansvärden. Det resulterande motståndet, R , för två parallellkopplade motstånd R_1 och R_2 kan beräknas ur formeln

$$(R_1 \cdot R_2) : (R_1 + R_2)$$

Jfr fig. 6.14.

Nu kan det vara besvärligt att räkna ut motståndet enligt denna formel, och därför finns det i tab. 6.6 och 6.7 upptagna resistansvär-

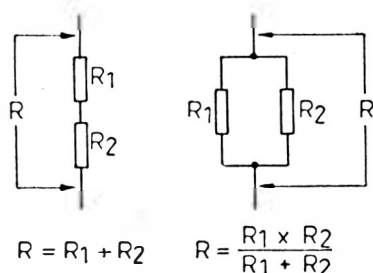


Fig. 6.14 Genom serie- eller parallellkoppling av motstånd kan man få fram nya resistansvärden. Formlerna i fig. anger hur man beräknar resulterande resistans R .

Tab. 6.6 Resultande resistans vid parallellkoppling av två motstånd R_1 och R_2 med resistansvärden mellan 1 och 100 ohm (kohm, Mohm).

R_2	R_1											
	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	10	15	22	33	47	68
1	0,50	0,60	0,69	0,77	0,83	0,87	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99
1,5	0,60	0,75	0,89	1,03	1,14	1,22	1,30	1,36	1,40	1,43	1,45	1,46
2,2	0,69	0,89	1,10	1,32	1,50	1,66	1,82	1,92	2,00	2,06	2,10	2,13
3,3	0,77	1,03	1,32	1,65	1,94	2,22	2,48	2,70	2,87	3,00	3,08	3,14
4,7	0,83	1,14	1,50	1,94	2,35	2,78	3,20	3,58	3,87	4,12	4,27	4,39
6,8	0,87	1,22	1,66	2,22	2,78	3,40	4,05	4,68	5,19	5,64	5,94	6,18
10	0,91	1,30	1,82	2,48	3,20	4,05	5,0	6,0	6,9	7,7	8,3	8,7
15	0,93	1,36	1,92	2,70	3,58	4,68	6,0	7,50	8,9	10,3	11,4	12,2
22	0,95	1,40	2,00	2,87	3,87	5,19	6,9	8,90	11,0	13,2	15,0	16,6
33	0,97	1,43	2,06	3,00	4,12	5,64	7,7	10,3	13,2	16,5	19,4	22,2
47	0,98	1,45	2,10	3,08	4,27	5,94	8,3	11,4	15,0	19,4	23,5	27,8
68	0,99	1,46	2,13	3,14	4,39	6,18	8,7	12,2	16,6	22,2	27,8	34,0

Tab. 6.7 Resultande resistans vid parallellkoppling av två motstånd R_1 och R_2 med resistansvärden mellan 10 och 1 000 ohm (kohm, Mohm).

R_2	R_1											
	10	15	22	33	47	68	100	150	220	330	470	680
10	5,0	6,0	6,9	7,7	8,3	8,7	9,1	9,3	9,5	9,7	9,8	9,9
15	6,0	7,5	8,9	10,3	11,4	12,2	13,0	13,6	14,0	14,3	14,5	14,6
22	6,9	8,9	11,0	13,2	15,0	16,6	18,2	19,2	20,0	20,6	21,0	21,3
33	7,7	10,3	13,2	16,5	19,4	22,2	24,8	27,0	28,7	30,0	30,8	31,4
47	8,3	11,4	15,0	19,4	23,5	27,8	32,0	35,8	38,7	41,2	42,7	43,9
68	8,7	12,2	16,6	22,2	27,8	34,0	40,5	46,8	51,9	56,4	59,4	61,8
100	9,1	13,0	18,2	24,8	32,0	40,5	50	60	69	77	83	87
150	9,3	13,6	19,2	27,0	35,8	46,8	60	75	89	103	114	122
220	9,5	14,0	20,0	28,7	38,7	51,9	69	89	110	132	150	166
330	9,7	14,3	20,6	30,0	41,2	56,4	77	103	132	165	194	222
470	9,8	14,5	21,0	30,8	42,7	59,4	83	114	150	194	235	278
680	9,9	14,6	21,3	31,4	43,9	61,8	87	122	166	222	278	340

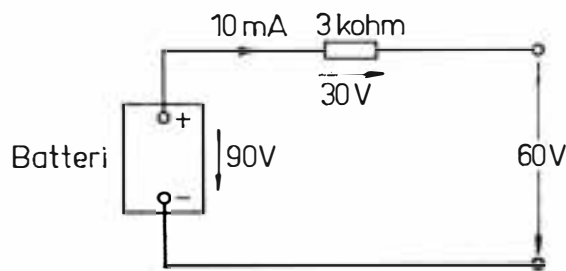


Fig. 6.15 Exempel på hur man använder ett motstånd i serie med ett batteri för att få önskad lägre spänning. Spänningsfallet över motståndet subtraheras från batteriets polspänning.

den, som man får fram när man parallellkopplar motstånd med olika resistansvärden.

Exempel: Vilken resistans erhålls om man parallellkopplar 33 kohm (R_1) med 68 kohm (R_2)? Man går in i tabellhuvudet för R_1 -värdet och uppsöker den vertikala rad som utgår från 68 kohm. Man följer denna rad vertikalt ner till den horisontella rad som utgår från R_2 -värdet 33 kohm. Man avläser där 22,2 kohm. Det är den resistans man får när man parallellkopplar $R_1 = 68$ kohm med $R_2 = 33$ kohm.

Vad används resistorer till?

Vad använder man nu motstånden till i en radioapparat? Man kan säga att det är det spänningsfall som enligt Ohms lag uppträder över motståndet, då det genomflyts av ström, som man vill komma åt.

Om man exempelvis vill sänka spänningen från ett batteri till ett lägre värde, låter man strömmen från batteriet passera genom ett motstånd. Spänningsfallet över detta subtraheras då från batteriets polspänning. (Fig. 6.15.) Vill man omvandla de strömändringar som erhålls i en transistor till motsvarande spänningsändringar, låter man den förstärkta strömmen genom transistorn genomflyta ett stavmotstånd och utnyttjar det växlande spänningsfallet över motståndet. (Se kap. 15.)

7. Kondensatorer och kapacitans

– ett kapitel om en av de viktigaste komponenterna i radioteknisk apparatur.

En kondensator består i princip av två ”belägg”, metallplattor eller folier, skilda åt av ett isolerande mellanlägg. (Fig. 7.1.) Kondensatorer spärrar av denna anledning likström som ju inte kan passera det isolerande skiktet mellan plattorna. Däremot kan växelström gå fram genom en kondensator genom att den mellan plattorna uppstående laddningen kommer att pendla mellan dessa. Ju högre frekvens växelströmmen har, desto mindre laddning krävs det för att transportera en ström av viss styrka genom kondensatorn.

Kapacitans

Den måttenhet med vilken man mäter storleken av den laddning som kondensatorn har disponibel för att överföra växelström benämns kondensatorns *kapacitans*.

Kapacitansen är större ju större yta kondensatorns belägg har och ju närmare varandra beläggen ligger. I detta sammanhang kan nämnas att det alltid finns en viss kapacitans mellan alla närbelägna metallföremål, ledningar och komponenter, en kapacitans som givetvis är större ju mera närbelägna föremålen är varandra. En kondensators kapacitans uppmäts i enheten *mikrofarad* (förkortas μF). Man har också måttenheterna *nanofarad* (förkortas nF) och *pikofarad* (förkortas pF). Följande samband gäller mellan dessa enheter:

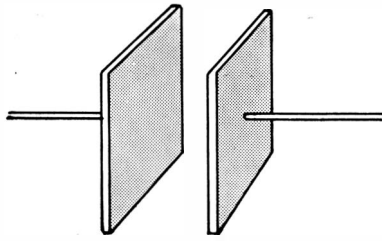


Fig. 7.1 En kondensator är i princip uppbyggd av två metallplattor med isolationsmaterial emellan.

$$1 \mu\text{F} = 1\,000 \text{ nF} = 1\,000\,000 \text{ pF}$$

$$0,56 \mu\text{F} \text{ är alltså} = 560 \text{ nF}; 1\,470 \text{ pF} = 1,47 \text{ nF etc.}$$

Olika typer av kondensatorer

Det finns kondensatorer i ett stort antal olika utföranden och typer beroende på de ändamål de skall fylla. Man kan till en början skilja på fasta och variabla kondensatorer. Bland de förra märks *keramiska kondensatorer*, *glimmerkondensatorer*, *pappers-* och *plastkondensatorer* samt *elektrolytkondensatorer*.

Keramiska kondensatorer och glimmerkondensatorer

Glimmerkondensatorer och keramiska kondensatorer används i kretsar för radiofrekvent växelspanning. De tillverkas i värden mellan några pF och upp till ca 10 000 pF. Keramiska kondensatorer har som isolationsmaterial ett rör, en skiva eller platta av keramiskt material. (Fig. 7.2.)

De platta keramiska kondensatorerna har som isolerande material en rund keramisk platta, på båda sidor försedd med en tunn metallbeläggning ansluten till tilledningstrådar. (Fig. 7.2 a och 7.2 b.) I vissa fall utnyttjas en keramisk stomme i form av en "bägare" på vilken kondensatorbeläggen anbringats på in- resp. utsidan. (Fig. 7.2 c.)

"Rörkondensatorer" av denna typ har ett tunt metallbelägg på rörets in- och utsida, som åtskiljs av den keramiska rörkroppen. De båda

metallbeläggen är anslutna till kondensatorns tilledningstrådar. (Fig. 7.2 d.)

Glimmerkondensatorer är uppbyggda av ett flertal metallfolier, åtskilda av tunna, isolerande glimmermellanlägg. Ena gruppen av metallfolier är ansluten till kondensatorns ena tilledningstråd, den andra

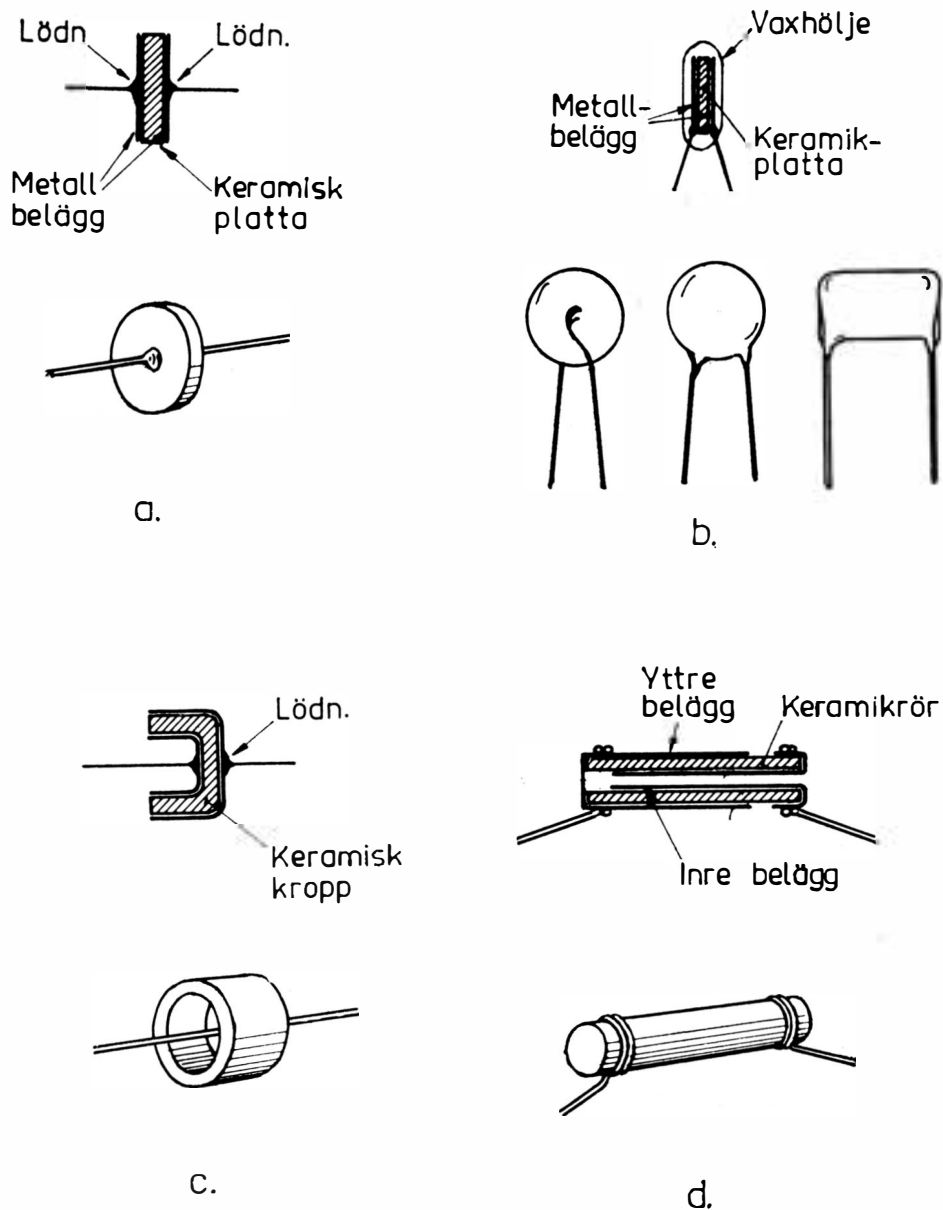


Fig. 7.2 Olika utförandeformer av keramiska kondensatorer. Överst visas kondensatorn i genomsnitt, underst utseendet. a och b visar keramiska skivkondensatorer, c en keramisk "bägarkondensator" och d en keramisk rörkondensator.

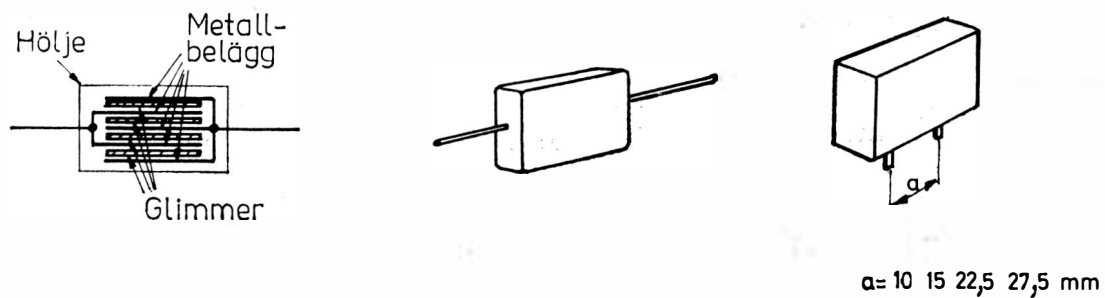


Fig. 7.3 Uppbyggnaden av en glimmerkondensator.

gruppen till andra tilledningstråden. Tilledningstrådarna kan vara axiella eller radiella. (Fig. 7.3.)

Keramiska kondensatorer och glimmerkondensatorer tillverkas i liknande standardvärden som motstånd. Vanligtvis används kondensatorer med 20 % tolerans som tillverkas i följande värden :

10 pF	100 pF	1,0 nF	10 nF
15 "	150 "	1,5 "	15 "
22 "	220 "	2,2 "	22 "
33 "	330 "	3,3 "	33 "
47 "	470 "	4,7 "	47 "
68 "	680 "	6,8 "	68 " etc.

Färgkod

Keramiska kondensatorer kan ha en märkning som rätt nära överensstämmer med den som tillämpas för motstånd. Nyckeln till denna färgkod återges i fig. 7.4 och i tab. 7.1.

För glimmerkondensatorer finns det två olika färgmärkningssystem. Det ena systemet avser glimmerkondensatorer enligt amerikansk civil standard. Nyckeln till detta märkningssystem framgår av fig. 7.5. Färgerna har den betydelse som framgår av tab. 7.2. Det andra färg-

Tab. 7.1 Färgkod för keramiska kondensatorer enligt fig. 7.4.

Färg	Första siffran	Andra siffran	Antal nollor	Tolerans		Temp.-koefficient
				i pF <10 pF	i % >10 pF	
Svart	0	0	0	±2	±20	
Brun	1	1	1	±1	±1	-0,00003
Röd	2	2	2	—		-0,00008
Orange	3	3	3	—	±2,5	-0,00015
Gul	4	4	4	—	—	-0,00022
Grön	5	5	—	±0,5	±5	-0,00033
Blå	6	6	—	—	—	-0,00047
Violett	7	7	—	—	—	-0,00075
Grå	8	8	0,1*	0,25	—	+0,00003 (eller +0,00015 → -0,00150)
Vit	9	9	0,01*	±1,0	±10	+0,00033 (eller +0,00010 → -0,00075)
Guld	—	—	—	—	—	+0,00010

* Kapacitansvärdet multipliceras med 0,1 respektive 0,01.

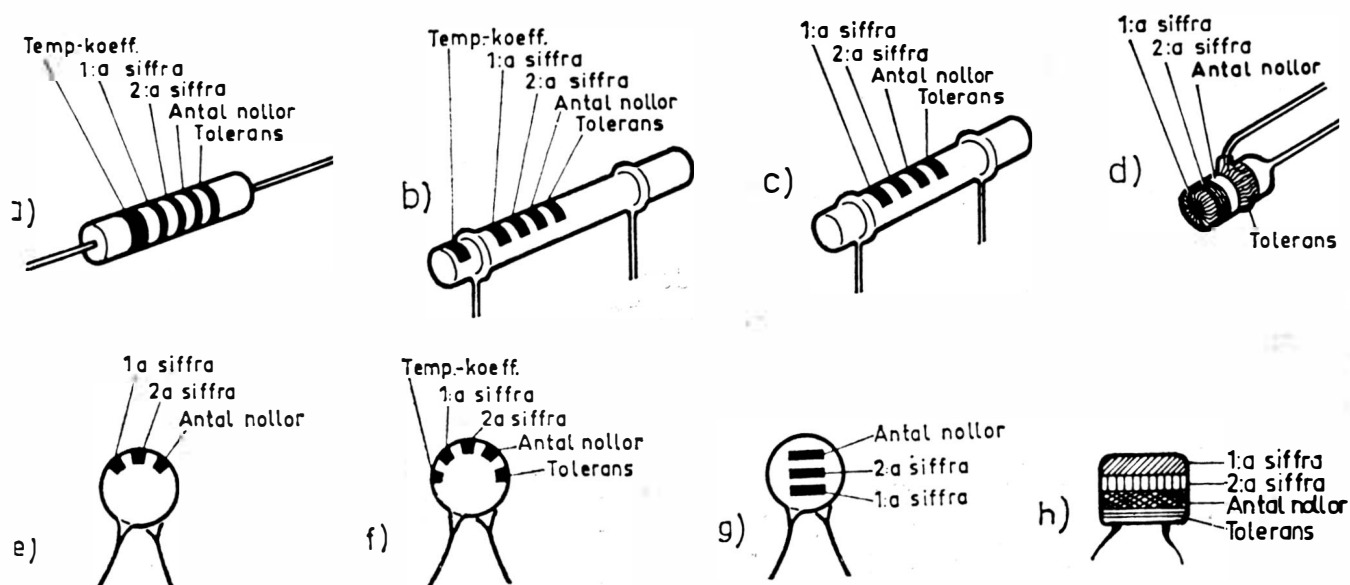


Fig. 7.4 Nyckel till färgkoden för keramiska kondensatorer. Färgernas betydelse framgår av tab. 7.1.

Tab. 7.2 Färgkod för glimmerkondensatorer (amerikansk civil standard). Se fig. 7.5.

Färg	Första siffran	Andra siffran	Antal nollor	Tolerans (%)	Temp.-koefficient
Svart	0	0	0	± 20	$\pm 0,001$
Brun	1	1	1	± 1	$\pm 0,0005$
Röd	2	2	2	± 2	$\pm 0,0002$
Orange	3	3	3	± 3	$\pm 0,0001$
Gul	4	4	4	—	—
Grön	5	5	—	± 5	—
Blå	6	6	—	—	—
Violett	7	7	—	—	—
Grå	8	8	—	—	—
Vit	9	9	—	—	—
Guld	—	—	0,1*	—	—
Silver	—	—	0,01*	± 10	—

* Kapacitansvärdet multipliceras med 0,1 respektive 0,01.

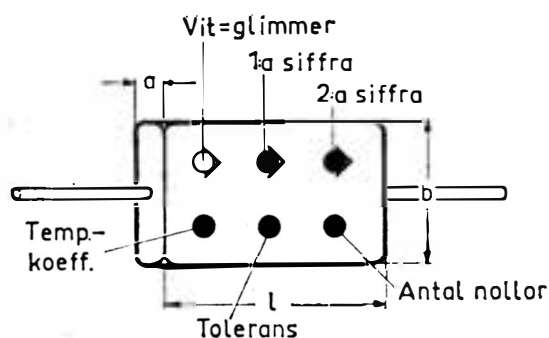


Fig. 7.5 Nyckel till färgkoden för glimmerkondensatorer enligt amerikansk civil standard. Färgernas betydelse framgår av tab. 7.2.

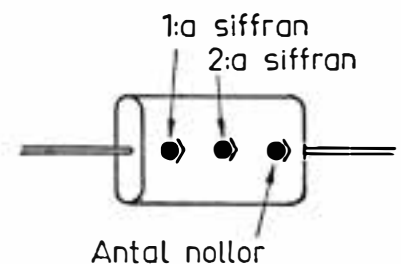
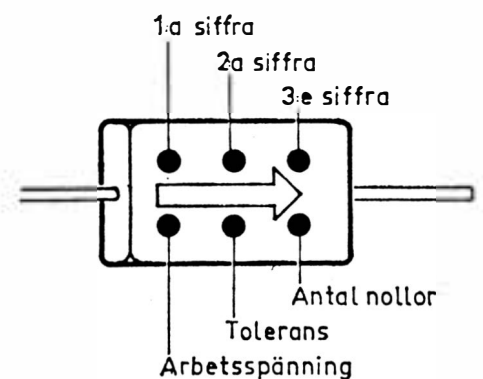


Fig. 7.6 Nyckeln till färgkoden för glimmerkondensatorer enligt amerikansk militär standard. Överst glimmerkondensatorer för 500 V provspänning och $\pm 20\%$ tolerans. Nedst glimmerkondensatorer med annan provspänning än 500 V och annan tolerans än $\pm 20\%$. Färgernas betydelse framgår av tab. 7.3.



Tab. 7.3 Färgkod för glimmerkondensatorer (amerikansk militär standard). Se fig. 7.6. Kapacitansen erhålles i pF.

Färg	Första siffran	Andra siffran	Antal nollor	Tolerans (%)	Provspänning (V)
Svart	0	0	0	—	—
Brun	1	1	1	1	100
Röd	2	2	2	2	200
Orange	3	3	3	3	300
Gul	4	4	4	4	400
Grön	5	5	5	5	500
Blå	6	6	6	6	600
Violett	7	7	7	7	700
Grå	8	8	8	8	800
Vit	9	9	9	9	900
Guld	—	—	0,1*	± 5	1 000
Silver	—	—	0,01*	±10	2 000
Ingen färg	—	—	—	±20	3 000

* Kapacitansvärdet multipliceras med 0,1 respektive 0,01.

märkningssystemet, som avser glimmerkondensatorer märkta enligt amerikansk militär standard, framgår av fig. 7.6. Färgerna har här den betydelse som framgår av tab. 7.3; samma färgmärkning används också på äldre glimmerkondensatorer.

Pappers- och plastkondensatorer

Pappers- och plastkondensatorer har i allmänhet det utförande som visas i fig. 7.7. Två metallfolier upplindas i en rulle med isolerande papper emellan. Vardera metallfolien är uttagen till en anslutnings-tråd. Dylika kondensatorer tillverkas i värden från några nF upp till flera μ F. I en variant av papperskondensatorer utnyttjas metalliserat papper. I dessa s. k. MP-kondensatorer lindas två metalliserade pappersremсор till en rulle. De två metalliseringarna dras ut till tilledningstrådarna för kondensatorn på samma sätt som visas i fig. 7.7.

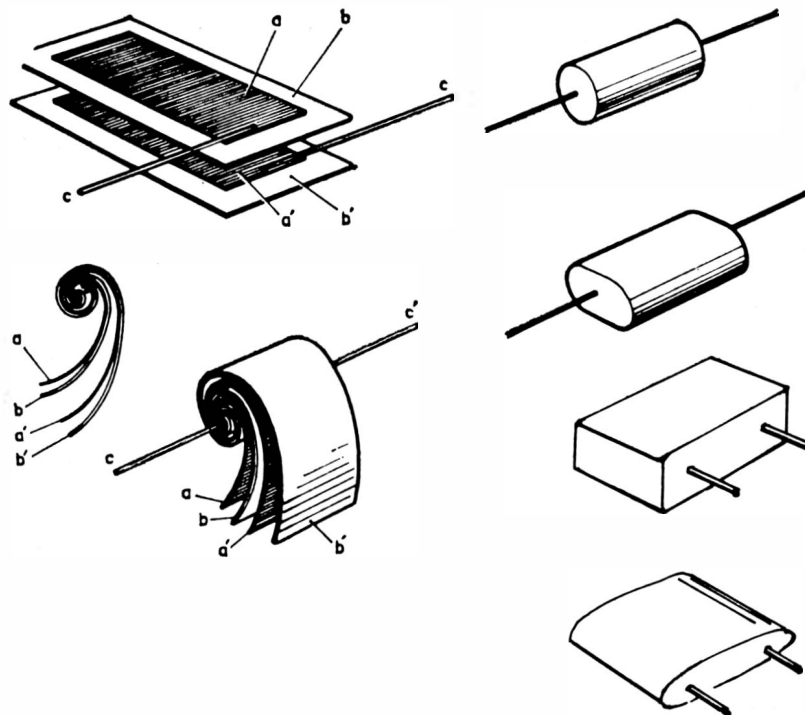


Fig. 7.7 Pappers- och plastkondensatorer har i allmänhet det utförande som antyds här: två metallfolier med isolerande papper emellan eller två metalliserade pappersremsor upplindas i en rulle eller i form av ett paket.

MP-kondensatorer uppvisar en viss självläkande förmåga. Vid överslag i en sådan kondensator kommer nämligen metallbelägget att förångas vid genomslagsstället, vilket gör att kortslutningen mellan kondensatorbeläggen upphör.

Papperskondensatorer har relativt stora förluster vid högfrekvens och genom sin uppbyggnad stor egeninduktans. De kan därför inte användas i förstärkarsteg för högfrekvens. De används huvudsakligen i lågfrekvensförstärkare, i mätinstrument m. m.

Plastkondensatorer tillverkas på liknande sätt som papperskondensatorer men har isolation av polystyren eller polyester. Dessa kondensatorer har betydligt mindre förluster än papperskondensatorer och kan därför användas vid högre frekvens. De kännetecknas också av mycket hög isolationsresistans.

Det tillverkas även metalliserade plastkondensatorer med polyester- eller polykarbonatfolie och med en uppbyggnad av i princip samma slag som metalliserade papperskondensatorer. Metalliserade plastkondensatorer har oftast ytterst tunt dielektrikum och de har därför även vid relativt höga kapacitansvärden mycket små dimensioner. Det tunna dielektriket ger emellertid låg genomslagshållfasthet och denna typ av kondensatorer kan därför i allmänhet endast användas vid låga arbetsspänningar.

Vid genomslag uppvisar de metalliserade plastkondensatorerna liksom de metalliserade papperskondensatorerna en viss självläkande förmåga.

Elektrolytkondensatorer

Elektrolytkondensatorer innehåller en linda av aluminium försedd med ett oxidskikt, som verkar som isolering. Folien är nedsänkt i en metallbägare, innehållande en elektrolyt. I dessa kondensatorer utgör metallfolien ena belägget i kondensatorn och elektrolyten det andra. Oxidskiktet utgör det isolerande skiktet mellan kondensatorbeläggen. Tack vare det ytterst tunna oxidskiktet erhålls mycket höga kapacitansvärden, och elektrolytkondensatorer tillverkas därför huvudsakligen i mycket höga värden från några μF upp till flera tusen μF .

Elektrolytkondensatorer tillverkas för arbetsspänningar mellan 3 och 500 V. De används i första hand som filterkondensatorer i nät-aggregat eller som avkopplingskondensatorer i lågfrekvensförstärkare. Ofta men inte alltid utgör kondensatorns metallhölje minuspol. Att observera är att elektrolytkondensatorerna endast tål likspänning i en viss riktning. Den pol som skall anslutas till arbetsspänningens positiva pol är oftast märkt med ett + eller markerad på sätt som antyds i fig. 7.8 a. Elektrolytkondensatorer för låga spänningar tillverkas i mycket små dimensioner och med uttag som passar delningen i foliekort. (Fig. 7.8 c.)

S. k. tantalelektrolytkondensatorer har sintrad porös tantal som di-

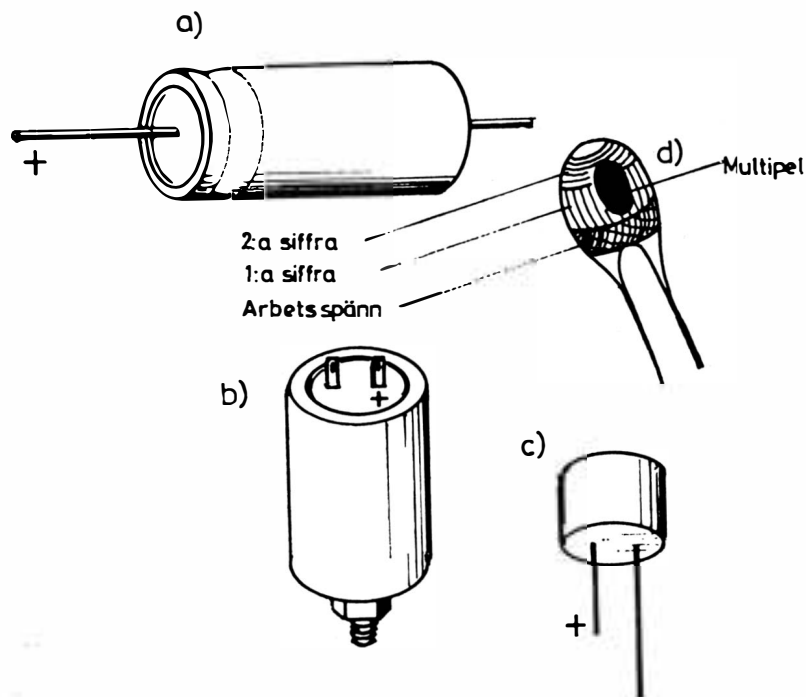


Fig. 7.8 Några olika utförandeformer av elektrolytkondensatorer. a Elektrolytkondensator med axiella uttag och isolerat hölje. b Elektrolytkondensator av bägartyp. c Elektrolytkondensator avsedd för inlödning på foliekort. d Tantalelektrolytkondensator avsedd för inlödning på foliekort. Multipel = antal nollor.

Tab. 7.4 Färgkod för tantalelektrolytkondensatorer av miniatyrtyper. Kapacitansen anges i pF.

Färg	Första siffran	Andra siffran	Antal nollor (multipel) (V)	Arbets-spänning
Svart	—	0	0	10
Brun	1	1	1	—
Röd	2	2	2	—
Orange	3	3	—	—
Gul	4	4	—	6,3
Grön	5	5	—	16
Blå	6	6	—	20
Violett	7	7	—	—
Grå	8	8	0,01*	25
Vit	9	9	0,1*	3
Rosa	—	—	—	35

* Kapacitansvärdet multipliceras med 0,1 respektive 0,01.

elektrikum. De uppvisar goda data även vid låga och höga temperaturer och utnyttjas därför i apparatur som skall fungera inom stort temperaturområde. Tantalkondensatorer tillverkas i samma utförande som aluminium elektrolytkondensatorer men finns också i lågvoltsutförande i små plasthöljen. (Fig. 7.8 d.) Dessa kondensatorer har en speciell färgmärkning enligt tab. 7.4.

Variabla kondensatorer

Variabla kondensatorer kan vara av "mekanisk typ" eller de kan utgöras av s. k. kapacitansdioder (se kap. 11), i vilka kapacitansen varierar på elektronisk väg.

I variabla kondensatorer av mekanisk typ ingår en uppsättning fasta belägg på en stomme, den s. k. statorn, och ett antal rörliga belägg, den s. k. rotorn. (Fig. 7.9.) De rörliga beläggen är anbringade på en axel, som när den vrids för in dem mellan statorbeläggen. Isoleeringen mellan beläggen utgörs vanligen av luft.

När de rörliga beläggen förs in mellan de fasta, ändras kapacitansen i kondensatorn. Det finns i marknaden ett flertal olika typer av vridkondensatorer, som ger variabel kapacitans, exempelvis 20—500 pF, 15—300 pF och 10—100 pF.

Observera att minimikapacitansen hos en vridkondensator, dvs. kapacitansen när kondensatorn är helt urvriden, ökas med den kapacitans som de anslutna kretsarna har, så att den s. k. 0-kapacitansen sällan understiger 20—50 pF.

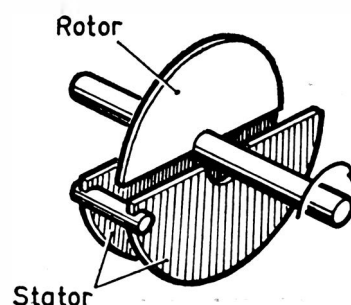


Fig. 7.9 På detta sätt är i princip en vridkondensator uppbyggd, med fast monterade statorplattor och en eller flera rörliga rotorplattor.

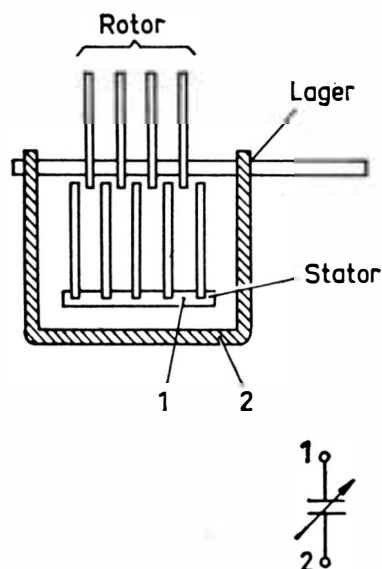


Fig. 7.10 Vridkondensator i genomskärning jämte motsvarande schemasymbol.

Vridkondensatorer finns dels i "enkelt" utförande (fig. 7.10), dels med två eller flera kondensatorenheter sammankopplade på en gemensam axel. Man manövrerar då med samma axel två eller flera vridkondensatorer. Dylåka kondensatorer benämns gangkondensatorer; kondensatorerna sägs vara gangade. Kapacitansvariationen som funktion av vridningsvinkeln för vridkondensatorer med olika form hos de rörliga rotorplattorna visas i fig. 7.11.

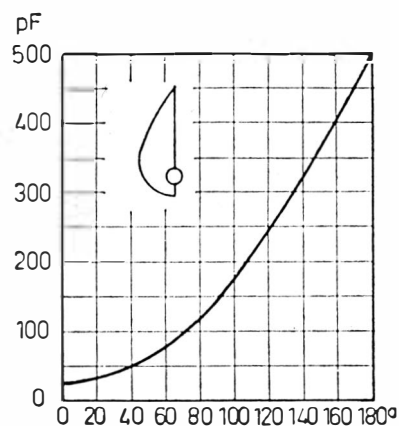
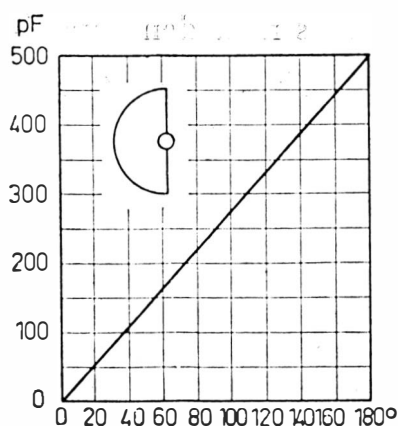


Fig. 7.11 Genom att ge de rörliga plattorna i en vridkondensator olika form kan man åstadkomma att kapacitansen vid vridning av rotorn ändras efter olika kurvor. Längst t. v. linjär kapacitansändring; t. h. linjär frekvensändring. Med de senare platttyperna blir stationerna jämnare fördelade över skalan än då cirkulära plattor används.

Variabla kondensatorer av typ kapacitansdioder ser ut som små keramiska rörkondensatorer. (Fig. 7.12.) Karakteristiskt för dessa dioder, vilkas schemasymbol visas t. h., är att deras kapacitans ändras, när man ändrar en likspänning över dem. Likspänningen anläggs på det sätt som visas i fig. 7.13 via ett seriemotstånd R_1 så att inte den krets i vilken dioden ingår skall påverkas av "likströmskretsen", som i detta fall består av ett batteri över vilket man tar ut en variabel likspänning med hjälp av en potentiometer P1 (se kap. 6). Kapacitansdioden, som är förspänd i backriktningen (se kap. 11), drar ytterst liten ström. Kapacitansområdet för halvledarkondensatorer kan vara någonting mellan 5—50 pF och 15—450 pF. Typiska kurvor för kapacitansen som funktion av den pålagda likspänningen visas i fig. 7.14.

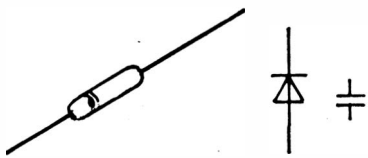


Fig. 7.12 Symbolen för en kapacitansdiod.

Fig. 7.13 På detta sätt inkopplas en kapacitansdiod vars kapacitans skall varieras.

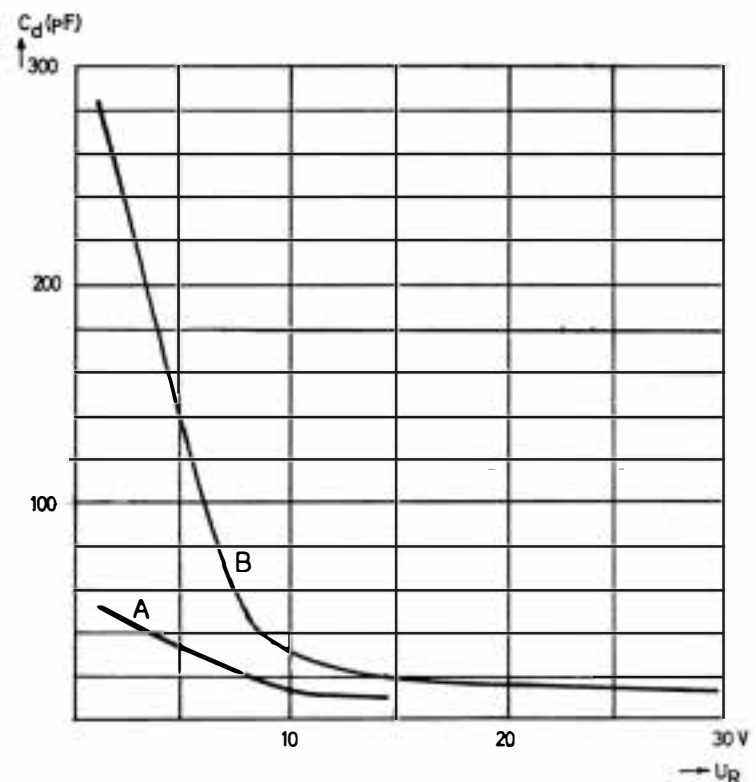
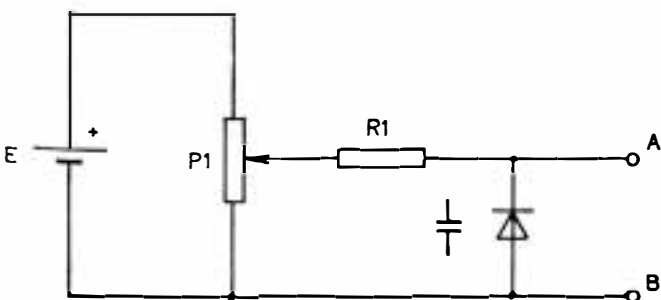


Fig. 7.14 Kapacitanskurvor för kapacitansdioder. Kapacitansen ges som funktion av pålagd spänning i diodens backriktning. A kurva för "UKV-kapacitansdiod". B kurva för kapacitansdiod för speciellt stor kapacitansvariation.

Trimkondensatorer

Trimkondensatorer (fig. 7.15) är variabla kondensatorer som har relativt snäva kapacitansområden från 2—20 pF upp till 5—100 pF och ställs in med skruvmejsel (fig. 7.15 t. h.) eller genom att man på en gängad axel vrider in en grupp cylinderformade kondensatorbelägg (fig. 7.15 t. v.). Trimkondensatorer används bl. a. i avstämde kretsar för att utjämna 0-kapacitansen i dessa till önskat värde.

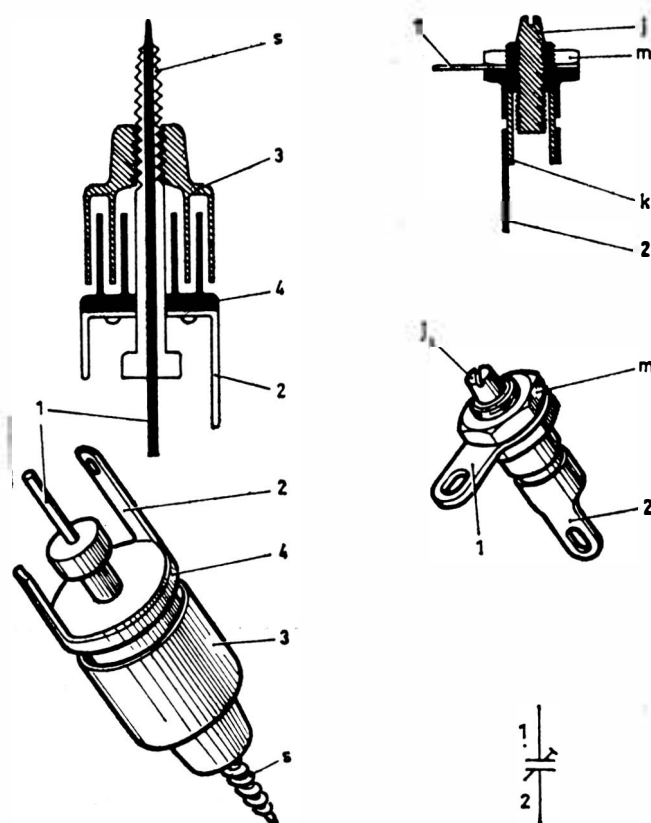
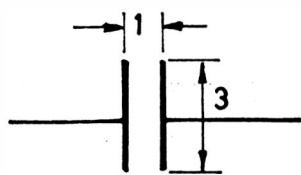


Fig. 7.15 Trimkondensator i två olika utförandeformer samt (längst ner t. h.) schemasymbolen. I trimkondensatorn t. v. utnyttjas ett stift (1) som tillledning till ena kondensatorbelägget (3) i form av en "huv" som har gängor som passerar en gängad stång (s). Vid vridning på huvan (3) förs denna mer eller mindre långt ner i ett annat fast kondensatorbelägg (4) som har anslutningsstift (2). Trimkondensatorn t. h. skruvas fast med en mutter (m). Lödstift (1) utgör en slutning till ena kondensatorbelägget i form av ett rör som omsluter ett keramiskt rör (k). En trimskruv (j) av metall kan skruvas upp eller ner i det keramiska röret. Lödstift (2) fortsätter direkt i det andra rörformiga kondensatorbelägget som omsluter det keramiska röret (k). När skruven (j) av metall skruvas ner eller upp kommer trimkondensatorns kapacitans att ändras.



Fl. 7.16 Allmänna schemasymbolen för kondensator. Nedtill i fig. visas hur kondensatorer betecknas (C1, C12, C107 etc.) samt hur kapacitansvärdet för kondensatorn anges (p = pF, n = nF, μ = μ F).

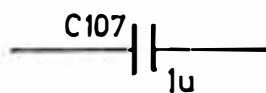
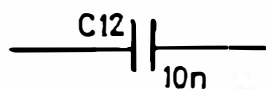
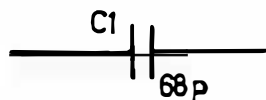
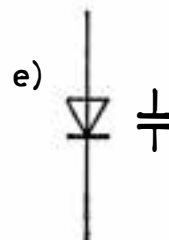
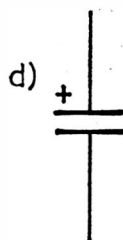
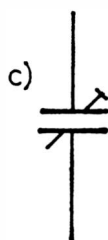
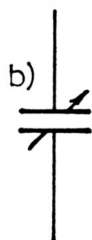
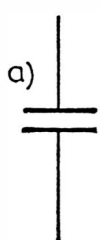


Fig. 7.17 Schemasymboler för olika typer av kondensatorer. a fast kondensator, b variabel kondensator, c trimkondensator, d elektrolytkondensator, e halvledarkondensator.



Symboler

Den allmänna symbol som används för kondensatorer visas i fig. 7.16, som även visar hur kapacitansvärdet anges i scheman. Följande förkortningar används: p betecknar pF, n betecknar nF och μ betecknar μ F. I fig. 7.17 visas de symboler som används för olika typer av kondensatorer.

Kondensatorns reaktans

Som framgick av kap. 5 mäts resistansen för motstånd i ohm, kohm eller Mohm. En kondensator sägs ha en viss *reaktans* som också mäts i ohm, kohm eller Mohm. Men under det att ett stavmotstånd uppvisar samma resistans vid olika frekvenser, varierar en kondensators

reaktans med frekvensen: ju högre frekvensen är, desto lägre blir reaktansen för en kondensator med viss kapacitans. Omvänt ökar reaktansen för kondensatorn med minskande frekvens och den är oändligt hög för frekvensen 0, dvs. för likström, vilket ju rimmar med vad som sades i början av detta kapitel om att en kondensator inte släpper fram likström.

Reaktansen för en kondensator är större ju lägre kapacitans kondensatorn har och vice versa. I tab. 7.5—7.6 ges uppgifter om reaktansen vid några olika frekvenser för några typiska kapacitansvärden. Man kan hålla i minnet att om frekvensen ökas till det dubbla, minskas kondensatorns reaktans till hälften och vice versa; fyrdubblas frekvensen, minskas reaktansen till $1/4$ etc.

Å andra sidan, om man ökar kapacitansvärdet vid en viss frekvens till det dubbla, minskar reaktansen till hälften; en tiodubbling av kapacitansvärdet medför $1/10$ så hög reaktans etc.

Reaktansen har, när det gäller växelström, samma betydelse som resistansen vid likström. Om alltså en kondensator med viss reaktans genomflyts av en växelström, uppstår det över kondensatorn ett spänningsfall som mäts i volt. Även för växelström genom en kondensator gäller Ohms lag, som då lyder ·

$$\text{spänningsfallet i volt} = \text{strömmen i milliampere} \times \text{reaktansen i kohm}$$

eller

$$\text{spänningsfallet i volt} = \text{strömmen i ampere} \times \text{reaktansen i ohm}.$$

Exempel: Genom en kondensator på 10 nF flyter en 10 kHz växelström på 10 mA. Hur stort blir spänningsfallet över kondensatorn? Enligt tab. 7.5 är reaktansen för 10 nF vid 10 kHz = 1,59 kohm, varför enligt Ohms lag $V = I \times R = 1,59 \times 10 = 15,9$ V.

Över en kondensator på 100 nF läggs 100 V växelspanning med

Tab. 7.5 Reaktansen vid några olika frekvenser för några olika kapacitansvärden 10 pF—10 nF.

Frekvens	Kapacitansvärde						
	10 pF	33 pF	100 pF	330 pF	1 nF	3,3 nF	10 nF
10 kHz	1,59 Mohm	482 kohm	159 kohm	48,2 kohm	15,9 kohm	4,82 kohm	1,59 kohm
30 kHz	531 kohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	531 ohm
100 kHz	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "	482 ohm	159 "
300 kHz	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	531 ohm	161 "	53,1 "
1 MHz	15,9 "	4,82 "	1,59 "	482 ohm	159 "	48,2 "	15,9 "
3 MHz	5,31 "	1,61 "	531 ohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "
10 MHz	1,59 "	482 ohm	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "
30 MHz	531 ohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	0,531 "
100 MHz	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "	0,482 "	0,159 "

Tab. 7.6 Reaktansen vid några olika frekvenser för några olika kapacitansvärden 10 nF—10 uF.

Frekvens	Kapacitansvärde						
	10 nF	33 nF	100 nF	330 nF	1 µF	3,3 µF	10 µF
10 Hz	1,59 Mohm	482 kohm	159 kohm	48,2 kohm	15,9 kohm	4,82 kohm	1,59 kohm
30 Hz	531 kohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	531 ohm
100 Hz	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "	482 ohm	159 "
300 Hz	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	531 ohm	161 "	53,1 "
1 kHz	15,9 "	4,82 "	1,59 "	482 ohm	159 "	48,2 "	15,9 "
3 kHz	5,31 "	1,61 "	531 ohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "
10 kHz	1,59 "	482 ohm	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "
30 kHz	531 ohm	161 "	53,1 "	16,1 "	5,31 "	1,61 "	0,531 "
100 kHz	159 "	48,2 "	15,9 "	4,82 "	1,59 "	0,482 "	0,159 "

Tab. 7.7 Resultande kapacitans vid seriekoppling av två kondensatorer C_1 och C_2 med kapacitansvärden mellan 1 och 100 pF (nF, uF).

C_1	C_2											
	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	10	15	22	33	47	68
1	0,50	0,60	0,69	0,77	0,83	0,87	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99
1,5	0,60	0,75	0,89	1,03	1,14	1,22	1,30	1,36	1,40	1,43	1,45	1,46
2,2	0,69	0,89	1,10	1,32	1,50	1,66	1,82	1,92	2,00	2,06	2,10	2,13
3,3	0,77	1,03	1,32	1,65	1,94	2,22	2,48	2,70	2,87	3,00	3,08	3,14
4,7	0,83	1,14	1,50	1,94	2,35	2,78	3,20	3,58	3,87	4,12	4,27	4,39
6,8	0,87	1,22	1,66	2,22	2,78	3,40	4,05	4,68	5,19	5,64	5,94	6,18
10	0,91	1,30	1,82	2,48	3,20	4,05	5,0	6,0	6,9	7,7	8,3	8,7
15	0,93	1,36	1,92	2,70	3,58	4,68	6,0	7,5	8,9	10,3	11,4	12,2
22	0,95	1,40	2,00	2,87	3,87	5,19	6,9	8,9	11,0	13,2	15,0	16,6
33	0,97	1,43	2,06	3,00	4,12	5,64	7,7	10,3	13,2	16,5	19,4	22,2
47	0,98	1,45	2,10	3,08	4,27	5,94	8,3	11,4	15,0	19,4	23,5	27,8
68	0,99	1,46	2,13	3,14	4,39	6,18	8,7	12,2	16,6	22,2	27,8	34,0

frekvensen 100 Hz. Vilken ström flyter genom kondensatorn? Enligt tab. 7.5 är reaktansen för 100 nF vid 100 Hz = 15,9 kohm. Enligt Ohms lag är $100 = I \times 15,9$ mA; $I = 100 : 15,9 \approx 6$ mA.

Serie- eller parallellkopplingar av kondensatorer

Genom serie- och parallellkopplingar av kondensatorer kan man få fram nya kapacitansvärden. Exempelvis kan man genom parallellkoppling av två kondensatorer C_1 och C_2 få fram en resulterande kapacitans som är = summan av kapacitansen C_1 och C_2 . (Se fig. 7.18.)

Vid seriekoppling av kondensatorer får man fram resulterande kapacitansen C ur formeln

$$(C_1 \cdot C_2) : (C_1 + C_2)$$

Jfr fig. 7.18.

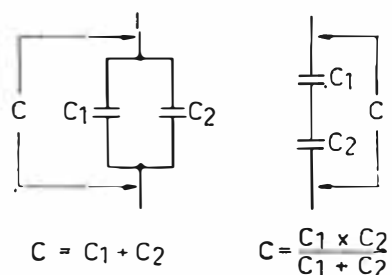
Tab. 7.8 Resultande kapacitansen vid seriekoppling av två kondensatorer C_1 och C_2 med kapacitansvärden mellan 10 och 1 000 pF (nF, μ F).

C_1	C_2											
	10	15	22	33	47	68	100	150	220	330	470	680
10	5,0	6,0	6,9	7,7	8,3	8,7	9,1	9,3	9,5	9,7	9,8	9,9
15	6,0	7,5	8,9	10,3	11,4	12,2	13,0	13,6	14,0	14,3	14,5	14,6
22	6,9	8,9	11,0	13,2	15,0	16,6	18,2	19,2	20,0	20,6	21,0	21,3
33	7,7	10,3	13,2	16,5	19,4	22,2	24,8	27,0	28,7	30,0	30,8	31,4
47	8,3	11,4	15,0	19,4	23,5	27,8	32,0	35,8	38,7	41,2	42,7	43,9
68	8,7	12,2	16,6	22,2	27,8	34,0	40,5	46,8	51,9	56,4	59,4	61,8
100	9,1	13,0	18,2	24,8	32,0	40,5	50	60	69	77	83	87
150	9,3	13,6	19,2	27,0	35,8	46,8	60	75	89	103	114	122
220	9,5	14,0	20,0	28,7	38,7	51,9	69	89	110	132	150	166
330	9,7	14,3	20,6	30,0	41,2	56,4	77	103	132	165	194	222
470	9,8	14,5	21,0	30,8	42,7	59,4	83	114	150	194	235	278
680	9,9	14,6	21,3	31,4	43,9	61,8	87	122	166	222	278	340

I tab. 7.7 och 7.8 är upptagna de resulterande kapacitansvärdena som man får vid seriekoppling av kondensatorer med olika kapacitansvärden.

Exempel: Vilken kapacitans erhålls om man seriekopplar 330 pF med 68 pF? I tab. 7.8 går man in i tabellhuvudet för C_1 -värden och uppsöker den vertikala rad som utgår från $C_1 = 330$ pF. Man följer denna rad som utgår från C_2 -värdet 68 pF. Man avläser där 56,4

Fig. 7.18 Serie- eller parallellkoppling av kondensatorer C_1 eller C_2 ger nya kapacitansvärden (C).



pF. Det är den kapacitans man får när man seriekopplar $C_1 = 330$ pF med $C_2 = 68$ pF.

Vad används kondensatorer till?

Vad använder man nu kondensatorer till i radioapparater? Ett användningsområde ligger ju nära till hands: att spärra likspänningar men samtidigt släppa fram växelspanning (kopplingskondensatorer) eller att kortsluta växelspanningar, lågfrekventa eller högfrekventa (avkopplingskondensatorer). De används också för avstämning av resonanskretsar (se kap. 10). För att kunna ändra resonansfrekvensen i s. k. avstämningsskretsar använder man sig av vridkondensatorer eller kapacitansdioder.

När det gäller lågfrekvensapparater, kan man använda pappers- eller plastkondensatorer. I kretsar som för högfrekvens bör man ta till glimmerkondensatorer eller keramiska kondensatorer. Elektrolytkondensatorer används huvudsakligen som filterkondensatorer i nätaggregat och för avkoppling i lågfrekvensförstärkare.

8. Induktorer och induktans

uppträder ofta tillsammans med kondensatorer, varvid det uppstår sådana kretsar som behandlas i kap. 10.

En induktor — eller induktansspole som man också säger — består av en ledare som lindats i spiral ett antal varv. (Fig. 8.1.)

En induktor släpper utan vidare fram en likström, ty ur likströmsynpunkt är spolen ingenting annat än en koppartråd med en resistans som motsvarar den trådlängd som är upplindad på spolen; att tråden är lindad i spiral inverkar inte på trådens resistans för likström. En likström genom spolen ger sålunda upphov till ett spänningsfall över spolen som kan beräknas med hjälp av Ohms lag, om man känner spolens likströmsresistans.

Ett annat fenomen som uppträder, när ström passerar genom en ledare, är att det uppstår ett magnetfält omkring ledaren. Om ledaren lindas upp i spiral, kommer detta magnetfält att bli kraftigt förstärkt. Detta kan man lätt konstatera genom att hålla en kompass i närheten av en induktors ändar och sedan sända en likström genom spolen.

Om man i stället för på en växelström genom spolen, måste det i spolen alstrade magnetfältet byta riktning varje gång växelströmmen byter riktning. Denna omkastning av magnetfältet i spolen tenderar att motverka strömväxlingarna. Ju kraftigare magnetfält som alstras i spolen, desto mera motverkas växelströmmen, och ju högre frekvens växelströmmen har, desto mera utpräglad blir magnetfältets motverkan. Man kan också uttrycka saken så: ju högre frekvens växelström-

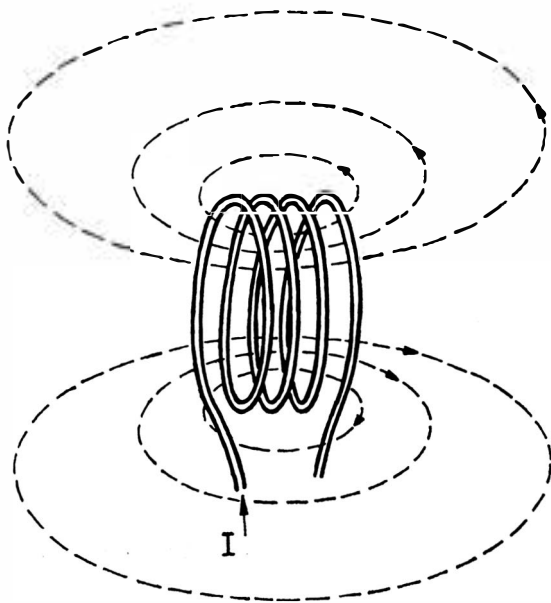


Fig. 8.1 I princip består en induktor av en ledare som lindas i spiral ett antal varv. När spolen genomflyts av ström, uppstår ett magnetfält (streckade linjen i fig.).

men har, desto högre växelspanning måste påföras spolen för att en växelström av viss styrka skall passera genom spolen.

Induktans

Den måttenhet med vilken man mäter storleken av det magnetfält som alstras av en spole och som återverkar på växelströmmen i spolen benämns spolens *induktans*. Induktansen hos induktorn är större ju flera varv spolen har och ju tätare intill varandra varven lindas. Induktansen ökar också med diametern på spolen.

I detta sammanhang kan nämnas att även en rak ledare har en viss induktans, beroende på att det ju även kring en rak strömgenomfluten ledare uppstår ett magnetfält. Magnetfältet kring en rak ledare är emellertid mycket svagt och induktansen för en sådan är därför mikroskopiskt liten. När det gäller mycket höga frekvenser får man emellertid se upp med denna obetydliga induktans. En konsekvens härav är att man, när man arbetar med ultrakortvågskretsar, måste se till att hålla ledningslängderna mycket korta. I annat fall riskerar man att induktansen i kopplings- och tilledningstrådar kommer att ställa till trassel.

En spoles (eller tråds) induktans uppmäts i enheten henry (förkortas H). Man har också enheten millihenry (förkortas mH) och mikrohenry (förkortas μH). Följande samband gäller mellan dessa enheter:

$$1 \text{ H} = 1\,000 \text{ mH} = 1\,000\,000 \mu\text{H}$$

$$0,56 \text{ mH} \text{ är alltså} = 560 \mu\text{H} \text{ eller} = 0,00056 \text{ H}$$

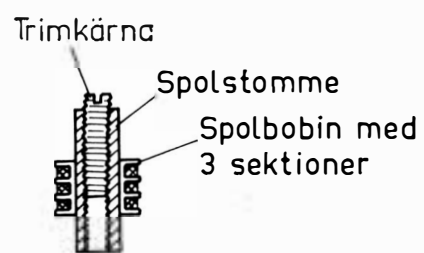
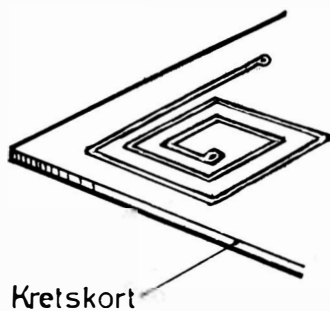
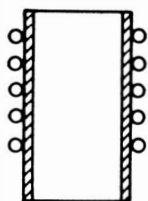
Olika typer av induktorer

Induktorer finns i en mängd olika utföranden. Exempel på några olika induktorer som används inom radiotekniken ges i fig. 8.2. Man kan till en början skilja mellan induktorer utan järnkärna, t. ex. trådlindade luftspolar samt foliespolar, och induktorer med järnkärna.

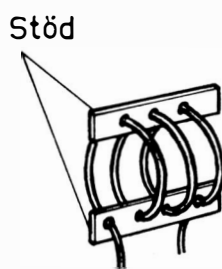
Trådlindade luftspolar kan — om tråden är tillräckligt tjock — lindas som s. k. självbärande spolar, men inan kan också linda upp tråden på en s. k. spolstomme eller spolbobin av isolerande material, som då inte har någon annan uppgift än att bära upp eller fixera tråden. Induktansspolar med järnkärna är utformade så att man inuti spolspiralen anbringar en kärna av något mjukt magnetiskt material. Därigenom förstärks magnetfältet i spolen och därmed ökar också spolens induktans. Det betyder att en spole med järnkärna kräver färre antal varv än motsvarande luftspole för att en viss induktans skall uppnås.

Som redan omnämnts ökar induktansen i en spole när man förser den med järnkärna. Man kan därför bygga en spole med variabel induktans helt enkelt genom att göra järnkärnan rörlig så att den — exempelvis när en ratt vrids — förskjuts mer eller mindre in i spolen. Sådana spolar med variabel induktans används ofta i avstämningskretsar för högre frekvenser.

Foliespolar är ett slags luftlindade spolar som framställs genom att man etsar fram ett spiralfORMAT ledningsmönster på ett foliekort. (Fig. 8.2 c.) Det är inte särskilt många lindningsvarv som man kan åstadkomma på det sättet, och de induktansvärden som man kan få



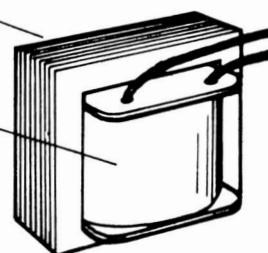
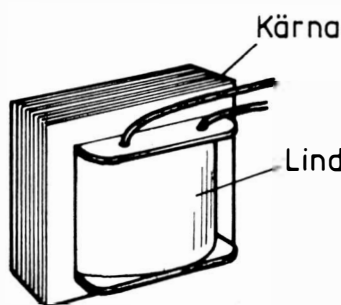
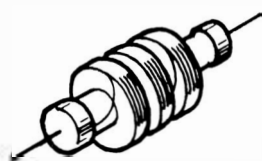
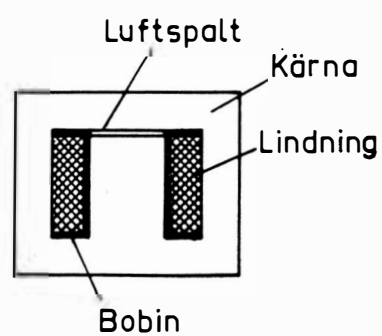
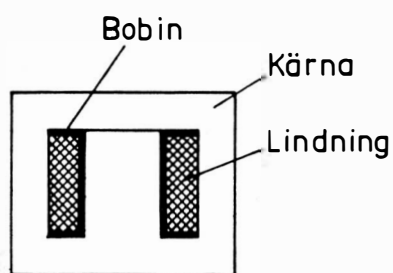
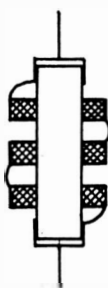
c)



a)

b)

d)



e)

f)

g)

fram för sådana spolar är därför relativt låga — upp till något tiotal μH .

Trimbara induktansspolar för radiofrekvens

Induktansspolar för radiofrekvens, s. k. högfrekvensspolar eller HF-spolar, lindas numera nästan alltid på järnpulverkärnor. I allmänhet är kärnorna i dessa försedda med gängor som passar i motsvarande gängor i spolstommen, varför induktansvärdet i spolarna kan justeras eller trimmas genom att kärnorna skruvas mer eller mindre långt ner i spolen. Av denna anledning är järnpulverkärnor vanligen försedda med spår som passar för lämplig skruvmejsel. (Fig. 8.2 d.)

Det bör kanske påpekas att även metallföremål som införs i en spole ändrar induktansvärdena i någon mån. Det är av denna anledning man rekommenderar att trimning av spolar med järnpulverkärna utförs med trimmejsel av isolerande material, detta för att undvika obehörig påverkan på induktansvärdet när trimmejseln förs i närheten av spolen.

Skärmning av HF-spolar

Det magnetfält som alstras av en luftspole eller spole med ferritkärna och som passerar genom spolens inre sprids vida omkring. (Fig. 8.3.) Detta yttre magnetfält, som läcker ut utanför spolen och som benämns

Fig. 8.2 Olika typer av induktorer: a) trådlindad luftspole, lindad på cirkulär spolstomme; b) fribärande trådlindad luftspole, stöd erfordras i de fall man använder klen tråd; c) foliespole; d) HF-spole lindad på en spolstomme, spolstommen är invändigt gängad, och en trimkärna (järnpulverkärna) kan skruvas mer eller mindre långt in i stommen; e) HF-drossel, bestående av ett antal seriekopplade krysslindade spolsektioner. Genom detta lindnings-sätt uppnås liten egenkapacitans i spolen; f) LF-induktor, lindad på bobin och försedd med lamellerad kärna, bestående av plåtklipp som sticks in i bobinen; g) samma induktor som i f) men med kärna försedd med luftspalt. Luftspalt används när spolen passerar av kraftig likström som skulle förorsaka magnetisk mättning av kärnan om inte luftspolen minskade den magnetiska flödestätheten i kärnan.

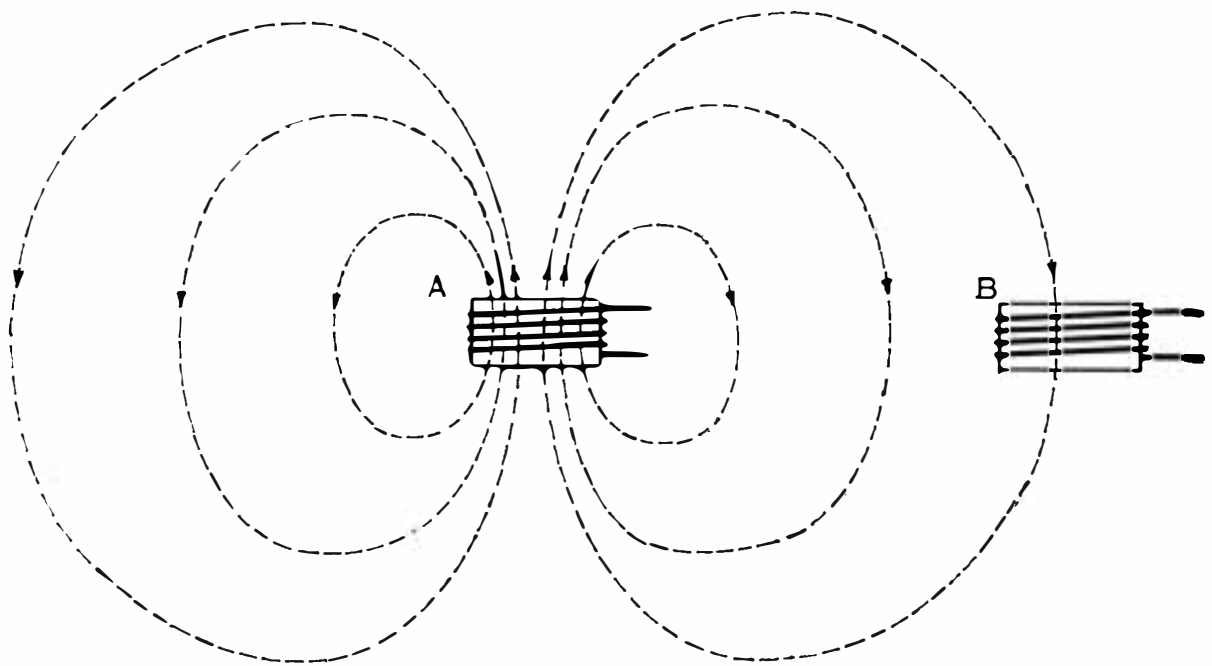


Fig. 8.3 Det yttre magnetfältet kring en cylinderformad induktor (A) kan medföra induktiv koppling till andra komponenter i spolens närhet, t. ex. en annan induktor (B), vilket kan ge upphov till störande fenomen.

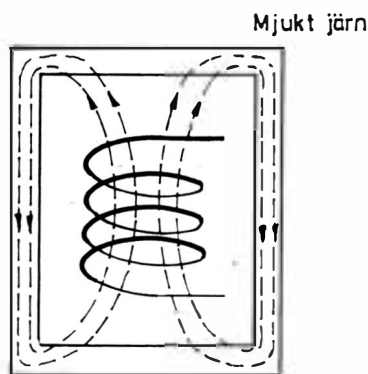


Fig. 8.4 Genom att en induktor för HF förses med ett slutet skärmande hölje av aluminium eller koppar kommer det i höljet att induceras virvelströmmar som motverkar spolens växlande magnetfält och förhindrar att detta tränger utanför höljet. Vid lågfrekvens används skärmhölje av mjukt järn, s. k. my-metall, som "suger upp" spolens yttre magnetfält.

läckfält, kan ställa till en hel del förtret genom att det uppstår en induktiv koppling mellan olika induktorer i en apparat (jfr kap. 12). Man måste därför med olika medel reducera läckfältet hos induktorer i apparater som har hög förstärkning.

Detta kan ske genom skärmning av spolarna (fig. 8.4) eller genom att man lindar spolarna i toroidform. I senare fallet stängs spolens

magnetfält in i spolens inre så att det yttre läckfältet blir mycket obetydligt. (Fig. 8.5.)

Induktansspolar för lågfrekvens

Induktorer för lågfrekvens, som har induktansvärden från några mH och till några tiotal H, har oftast lamellerad järnkärna. (Fig. 8.2 f.) För frekvenser över 1 kHz kan även ferritkärnor komma i fråga. Drosslar som passeras av relativt kraftig likström har järnkärnor med luftspalt för att inte kärnan skall mättas av likströmsmagnetiseringen.

Symboler

Den allmänna schemasymbol som används för en induktor visas i fig. 8.6. Induktansvärdet anges med siffror, åtföljda av en förkortning där H anger henry, m millihenry och μ mikrohenry.

Schemasymbolen för olika typer av induktorer visas i fig. 8.7.

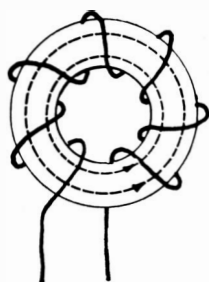
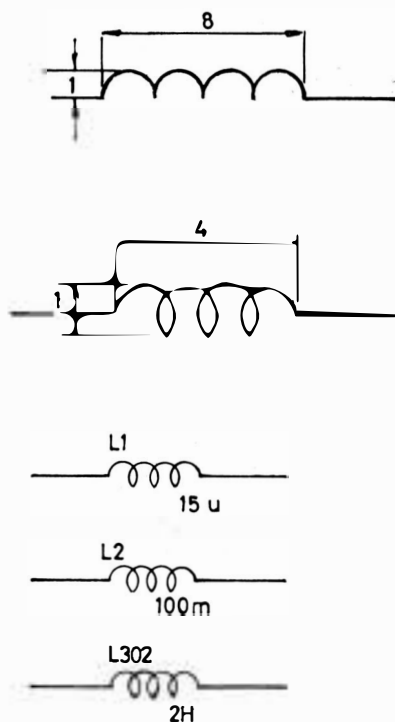


Fig. 8.5 Genom att en induktor lindas i s. k. toroidform blir dess magnetfält inneslutet i spolen, och något nämnvärt yttre fält uppstår då inte. Skärmning blir därför obehövlig.

Fig. 8.6 Den allmänna schemasymbolen för en induktor. Nedtill i fig. visas hur induktorer betecknas (L1, L2 etc) och hur induktansvärden anges ($\mu = \mu\text{H}$; m=mH).



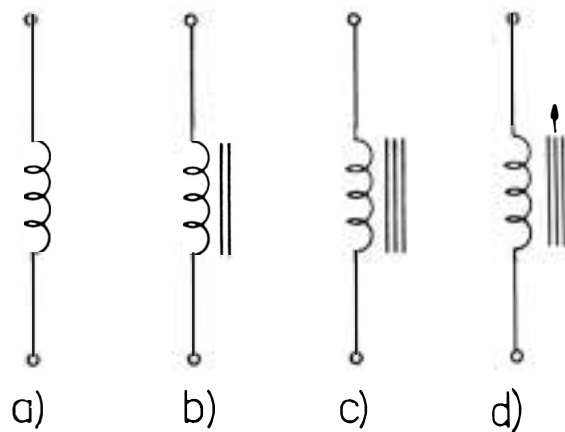


Fig. 8.7 Symboler som används för induktansspolar av olika slag: a) luftlindad spole; b) spole med lamellerad järnkärna, bestående av plåtklipp; c) spole med järnpulverkärna; d) HF-spole med trimbar järnpulverkärna för HF.

Induktansspolens reaktans

Liksom en kondensator har en viss reaktans, som mäts i ohm, kohm eller Mohm, så har också en induktor en viss reaktans. Denna mäts i samma enheter.

Reaktansen för en induktor är $=0$ för frekvensen 0, dvs. för likström, vilket ju stämmer med vad som sades om att en spole för likström endast uppvisar en viss resistans motsvarande likströmsresistansen hos den upplindade tråden.

Reaktansen hos en induktor är proportionell mot frekvensen. Om man ökar frekvensen från exempelvis 50 Hz till 100 Hz ökar alltså reaktansen hos induktansspolen till det dubbla. Reaktansen för en induktor är också proportionell mot spolens induktans; ökas induktansen från t. ex. 10 mH till 20 mH, så ökar reaktansen till det dubbla, en halvering av induktansvärdet minskar reaktansen till hälften.

I tab. 8.1 och 8.2 ges uppgifter om reaktansen för några olika induktansvärden vid några olika frekvenser.

Reaktansen har, när det gäller växelström, liknande betydelse som resistansen vid likström. Det betyder att om en induktor med viss reaktans genomflyts av en växelström, uppstår det över induktorn ett

Tab. 8.1 Reaktansen vid några olika frekvenser för några olika induktansvärden 0,1 μ H—1 mH.

Frekvens	Induktansvärde									
	0,1 μ H	0,33 μ H	1 μ H	3,3 μ H	10 μ H	33 μ H	100 μ H	330 μ H	1 mH	
10 kHz	0,00628 ohm	0,0207 ohm	0,0628 ohm	0,207 ohm	0,628 ohm	2,07 ohm	6,28 ohm	20,7 ohm	62,8 ohm	
30 kHz	0,0188 "	0,0622 "	0,188 "	0,622 "	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	
100 kHz	0,0628 "	0,207 "	0,628 "	2,07 "	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	
300 kHz	0,188 "	0,622 "	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	
1 MHz	0,628 "	2,07 "	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	
3 MHz	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	6,22 "	18,8 "	
10 MHz	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	20,7 "	62,8 "	
30 MHz	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	
100 MHz	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	

Tab. 8.2 Reaktansen vid några olika frekvenser för några olika induktansvärden 1 mH—10 H.

Frekvens	Induktansvärde									
	1 mH	3,3 mH	10 mH	33 mH	100 mH	330 mH	1 H	3,3 H	10 H	
10 Hz	0,0628 ohm	0,207 ohm	0,628 ohm	2,07 ohm	6,28 ohm	20,7 ohm	62,8 ohm	207 ohm	628 ohm	
30 Hz	0,188 "	0,622 "	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	
100 Hz	0,628 "	2,07 "	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	
300 Hz	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	6,22 "	18,8 "	
1 kHz	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	20,7 "	62,8 "	
3 kHz	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 kohm	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	
10 kHz	62,8 "	207 "	628 "	2,07 kohm	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	
30 kHz	188 "	622 "	1,88 "	6,22 "	18,8 "	62,2 "	188 "	622 "	1,88 Mohm	
100 kHz	628 "	2,07 kohm	6,28 "	20,7 "	62,8 "	207 "	628 "	2,07 Mohm	6,28 "	

spänningsfall som mäts i volt. Ohms lag gäller även för växelström som passerar genom en induktor och lyder då:

$$\text{spänningsfallet i volt} = \text{strömmen i mA} \times \text{reaktansen i kohm}$$

eller

$$\text{spänningsfallet i volt} = \text{strömmen i A} \times \text{reaktansen i ohm}$$

Exempel: Genom en induktor på 10 mH flyter en 10 kHz växelström på 10 mA. Hur stort blir spänningsfallet över induktorn? Enligt tab. 8.2 är reaktansen för 10 mH vid 10 kHz = 0,628 kohm, varför enligt Ohms lag $V = I \cdot R = 0,628 \cdot 10 = 6,28$ V.

Exempel: Över en induktor på 1 μ H läggs 1 V växelspanning med frekvensen 30 MHz. Vilken ström flyter genom induktorn? Enligt tab. 8.1 är reaktansen för 1 μ H vid 30 MHz = 0,188 kohm. Enligt Ohms lag är $I = U/R$ dvs. $I = 1/0,188 = 5,3$ mA

Serie- eller parallellkopplingar av induktorer

Genom serie- och parallellkoppling av induktorer kan man få fram nya induktansvärden. Exempelvis kan man genom parallellkoppling av två induktorer L_1 och L_2 få fram en resulterande kapacitans L som är

$$L = (L_1 \cdot L_2) : (L_1 + L_2)$$

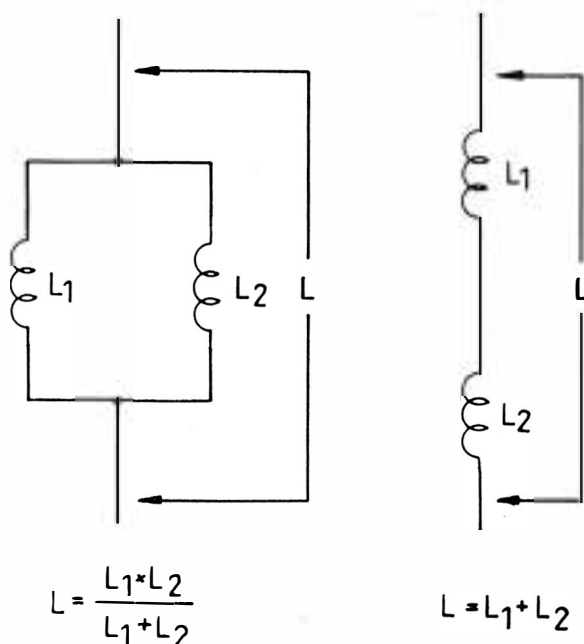
Jfr fig. 8.8.

Vid seriekoppling av induktorer får man fram en resulterande induktans som är = summan av induktanserna L_1 och L_2 , se fig. 8.8.

Exempel: Vilken induktans erhålls om man parallellkopplar 300 mH med 30 mH? Enligt formeln ovan får man en resulterande induktans

$$L = 300 \cdot 30 / (300 + 30) = 27,3 \text{ mH}$$

Fig. 8.8 Genom serie- eller parallellkoppling av induktanser erhålles nya induktansvärden.



Vad används induktorer till?

Induktorer används — som redan antytts i det föregående — i första hand i avstämningskretsar i sändare och mottagare. Därvid är det praktiskt taget alltid fråga om parallellresonanskretsar. Avstämning sker vanligtvis genom att kondensatorn i kretsen varieras, men det förekommer också att induktansen varieras vid avstämningen ("permeabilitetsavstämning").

Ett annat användningsområde för induktorer är att spärra växelström men samtidigt släppa fram likström. Man har exempelvis s. k. *högfrekvensdrosslar* (förkortas HF-drosslar), dvs. spolar med så hög induktans att en radiofrekvent växelström mer eller mindre spärras. (Fig. 8.2 e.)

HF-drosslar utnyttjas ofta som höghögmig s. k. belastning i en transistors kollektorkrets. Läger man en sådan HF-drossel inkopplad mellan spänningskällan och transistorens kollektor (fig. 8.9), kommer kollektorlikströmmen I_C att passera obehindrat genom drosseln utan

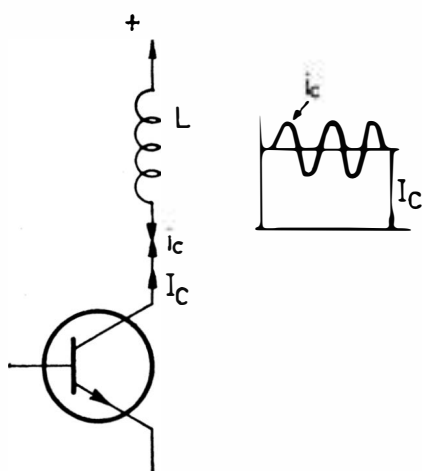


Fig. 8.9 Drosslar utnyttjas ofta som högohmig belastning för växelströmmar samtidigt som de obehindrat släpper igenom en likström. Fig. visar en drossel insatt i kollektorkretsen för en transistor. Se texten.

nämnvärt spenningsfall. För den av transistorn förstärkta radiofrekventa växelströmmen i_c som ligger "överlagrad" på kollektorlikströmmen är däremot HF-drosseln mycket högohmig, vilket gör att växelströmmen ger upphov till en växelspänning över drosseln, dvs. en förstärkt kopia av den på transistorns bas påförda växelspänningen. Mer härom i kap. 15.

Trådlindade luftspolar och tryckta foliespolar används i stor utsträckning för avstämda kretsar i radiomottagare, framför allt när det gäller mycket höga frekvenser. Luftlindade spolar utnyttjas också i sändares slutsteg, där det är opraktiskt att använda spolar med järnkärna, då kärnan skulle bli kraftigt uppvärmd på grund av den höga effekten.

Induktorer för lågfrekvens används bl. a. som s. k. lågfrekvensdrosslar. De har då induktansvärden från några H och uppåt till några tiotal H. Liknande induktorer används även som drosslar i nätaggregat för högre arbetsspänningar, där de utnyttjas för filtrering av en likriktad nätväxelspänning. De senare drosslarna passeras av relativt kraftig likström och deras järnkärnor måste av denna anledning förses med luftspalt för att inte mättas av likströmsmagnetiseringen.

9. Att beräkna och linda spolar

är bra att kunna, eftersom man ofta måste tillverka sådana själv, när man amatörbygger radioapparater.

Det dröjer i allmänhet inte länge förrän den experimenterande amatören upptäcker att man hos de firmor som säljer radiomateriel kan köpa alla komponenter som behövs för hemmabygge, dock med ett undantag: induktansspolar finns inte alltid att få i det utförande eller i de induktansvärden man önskar. Vid radiobygge får man därför ofta ge sig på att själv tillverka induktansspolar, framför allt sådana som skall ingå i avstämningskretsar. Några ord om hur man dimensionerar och själv tillverkar sådana spolar kan därför vara på sin plats.

Genast kan sägas att det inte är särskilt svårt att själv tillverka trådlindade spolar. I själva verket bör vem som helst som är aldrig så litet händig vara kapabel att klara den saken. Det är också lätt att få tag i cylindriska spolstommar. Knuten är i stället att fastställa hur många varv man skall linda på en spolstomme för att få ett visst önskat värde på spolens induktans. I detta kapitel skall visas hur man på enkelt sätt med hjälp av s. k. nomogram kan beräkna det antal varv som behövs på en spole för att man skall få önskad induktans hos den.

Hur många varv?

Allmänt gäller att ju flera varv en spole har, desto högre värde på induktansen får den. Likaså gäller att induktansen för ett visst antal

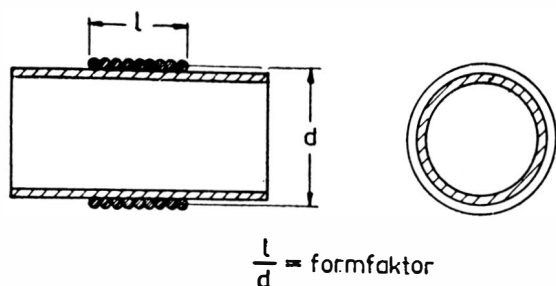


Fig. 9.1 Formfaktorn för enkellagrig cylinderspole.

varv blir större ju större diametern hos spolen är. Detta gäller för alla typer av spolar med eller utan kärna.

Induktansvärdet för en trådlindad cylinderspole bestäms också av spolens s. k. formfaktor, som är = förhållandet mellan lindningens längd på spolstommen (l i fig. 9.1) och spolens diameter (d i fig. 9.1). Spolens formfaktor får man fram genom att dividera lindningens längd (l i fig. 9.1) med spoldiametern d . Är $l = 5$ cm och $d = 2,5$ cm är formfaktorn $= 5 : 2,5 = 2$. Är $l = 2,5$ cm och $d = 2,5$ cm är formfaktorn $= 1$ etc.

För enkellagriga cylinderspolar, dvs. spolar som lindas i ett lager på en cylindrisk spolstomme, fig. 9.1, kan man använda nomogrammen i fig. 9.2 och 9.4 för att bestämma antingen induktansen hos spolen eller det antal lindningsvarv som fordras för att man skall få visst önskat induktansvärde.

Ett par exempel får visa hur man använder sig av nomogrammen.

Antag att man önskar linda en spole med en induktans av $200 \mu\text{H}$ på en spolstomme som är $2,5$ cm i diameter. Innan vi går in i nomogrammet i fig. 9.2, som gäller för induktanser mellan $6 \mu\text{H}$ och $1,5 \text{ mH}$ ($= 1500 \mu\text{H}$), får vi bestämma oss för en viss formfaktor (se ovan) för spolen, dvs. förhållandet mellan spollängden (l i fig. 9.1) och spoldiametern d . Om vi nu exempelvis bestämmer oss för att göra spollängden l hälften av spoldiametern d , dvs. $12,5$ mm, blir formfaktorn $= l : d$, alltså $0,5$.

Nu har vi alla data som behövs för att bestämma varvtalet för spolen för att induktansen skall bli $200 \mu\text{H}$. Vi söker upp den punkt på stomlinjen (för spoldiametern d längst till vänster i nomogrammet)

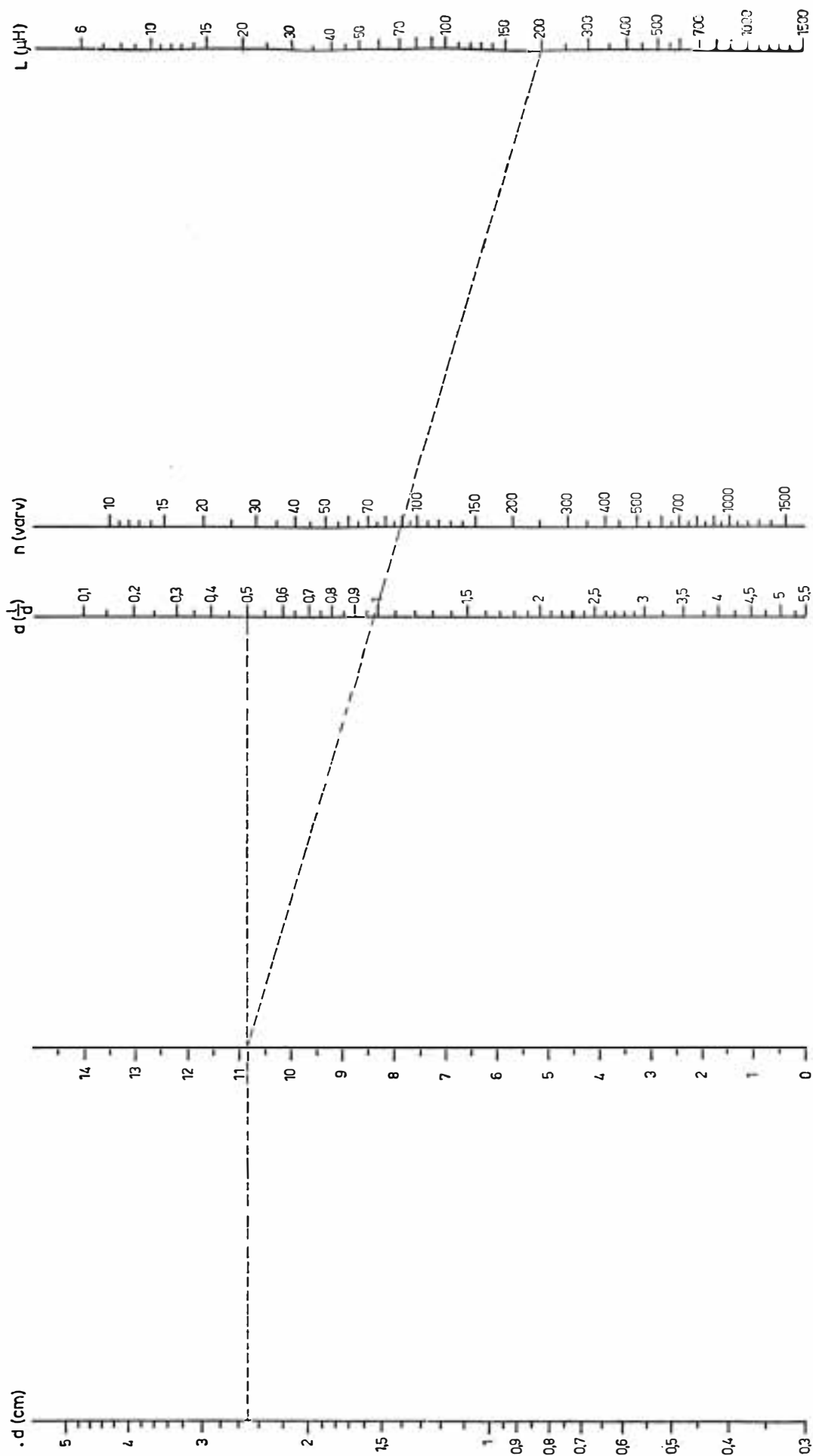


Fig. 9.2 Nomogram for determination of number of turns, n , for single-layer cylindrical coil with given diameter, d (cm), and form factor $a = 1/d$ at given desired inductance, L (μH). Nomogram is valid for inductance range 6 μH–1.5 mH.

som svarar mot 2,5 cm. Vidare söker vi upp den punkt på den tredje stomlinjen (räknat från vänster) för formfaktorn där vi har värdet 0,5. Vi drar sedan en rät linje mellan nyssnämnda punkter. Linjen skär den mellanliggande stomlinjen, och från skärningspunkten drar vi en ny rät linje till den femte stomlinjen (räknat från vänster) till en punkt på denna som svarar mot värdet $200 \mu\text{H}$. Där sistnämnda linje skär den fjärde stomlinjen kan vi sedan avläsa antalet varv, och vi finner där svaret: 90 varv. Detta exempel är inprickat i nomogrammet i fig. 9.2. För att få plats med 90 varv på en lindningslängd $l = 12,5 \text{ mm}$ måste vi ta till en tr addediameter av ca 0,1 mm.

Nu kanske vi tycker att det blir besvärligt med så tunn tråd som 0,1 mm. Vi kan då i stället ta till större spoldiameter, exempelvis 5 cm, för att få färre varv och mera lindningsutrymme. På den spolstommen kan vi linda tråden så att lindningslängden på spolstommen blir = spoldiametern. Formfaktorn blir då = 1. Med nyss angivna värden finner vi att vi nu får ca 75 varv för den önskade induktansen. Men vi har nu 50 mm att linda 75 varv på, och vi finner då att 0,5 mm tråd kan bli ungefär lagom för att spollängden vid tätlindning skall bli 5 cm. (Isolering m. m. gör att spollängden blir något större än varvtalet $\times$ tr addediameter.)

Vi finner snart att spolar för större induktansvärden blir rätt otympliga om vi skall försöka linda dem i form av enkellagriga cylinderspolar. Vi kan då i stället linda spolarna i två eller tre lager ovanpå varandra. (Fig. 9.3.) Med tre lager får vi med oförändrad formfaktor plats med tre gånger så många varv på spolen. Detta lindningssätt ger emellertid rätt hög kapacitans mellan varven (denna

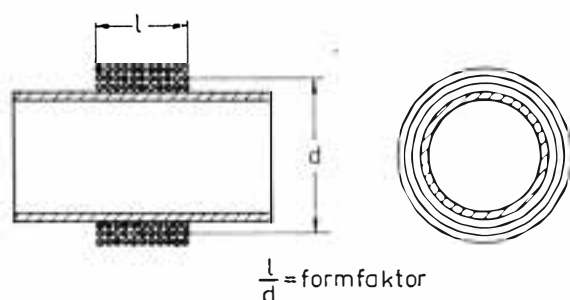


Fig. 9.3 Formfaktorn för flerlagrig cylinderspole.

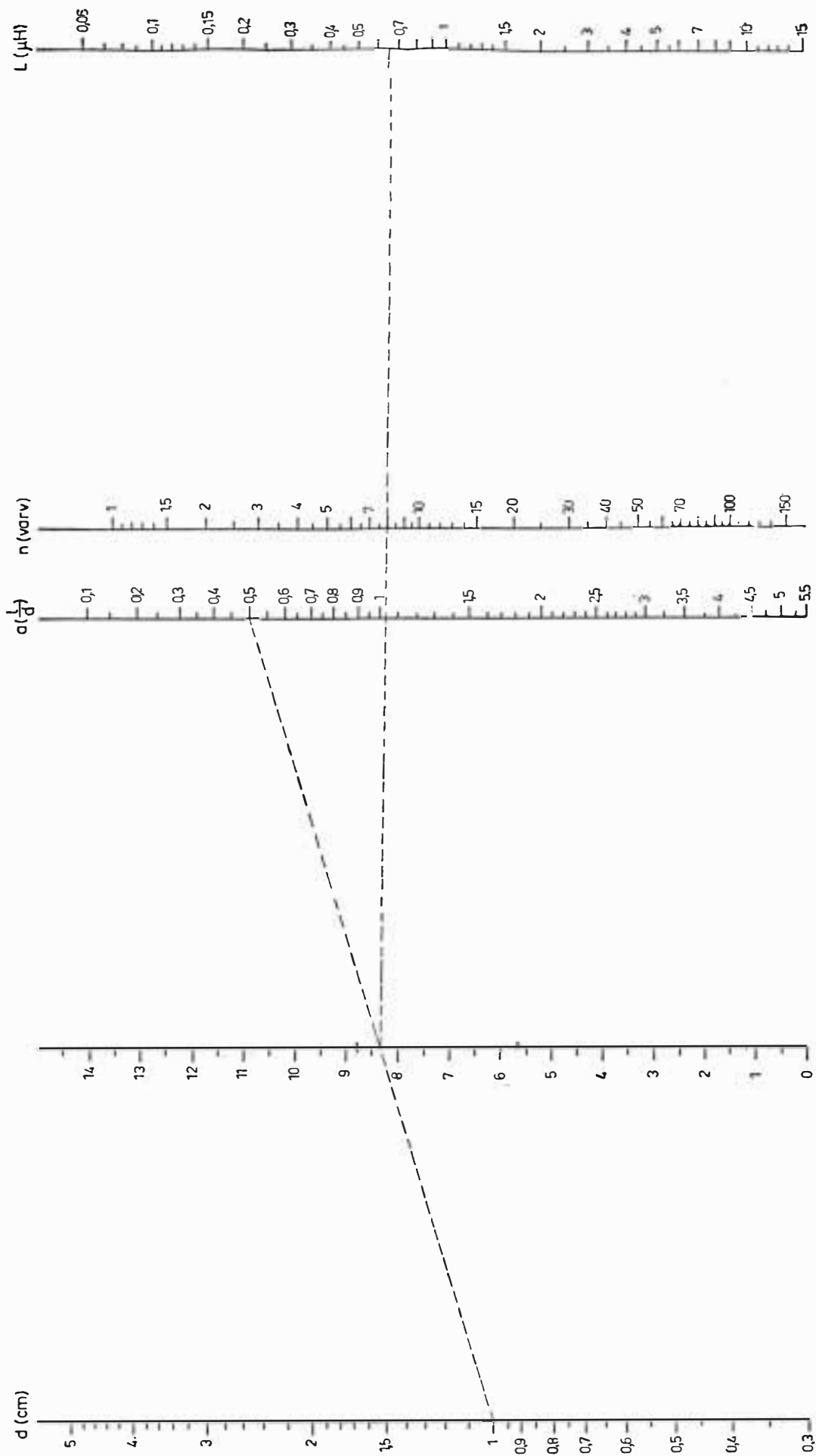


Fig. 9.4 Nomogram for determination of number of turns, n , for single-layer cylindrical coil with spool diameter d (cm) and form factor $a=1/d$ at a certain desired inductance, L (μH). Nomogram applies for inductance range 0.06 μH–15 μH.

kapacitans får man tänka sig ligga parallellt med spolen, och den adderas alltså till avstämningsekondensatorns kapacitans) så att man får ökad "0-kapacitans", kanske 100 pF i stället för 50 pF och därmed mindre avstämningssområde. Se kap. 10.

Observera att nomogrammen i fig. 9.2 och 9.4 endast gäller för enkellagriga cylinderspolar eller för flerlagriga spolar vilkas tjocklek inte är mer än ca 10 % av spoldiametern. För cylinderspolar med många lindningslager ger dessa nomogram något för höga induktansvärden.

Hemmatillverkning av induktansspolar

Vi har i det föregående visat hur man beräknar hur många lindningsvarv en enlagrig cylinderspole skall ha för att ett visst induktansvärde skall erhållas. Vi skall i det följande visa hur man tillverkar induktansspolar för induktansvärden mellan ca 0,1 μH och 600 μH .

När det gäller induktansvärden över ca 1 μH kan det vara lämpligt att använda en spolstomme av pertinax med 15 mm ytterdiameter. Sådana spolstommar finns att köpa i byggsats med gavlar och med förtent koppartråd som man får bocka till så att man får "lödanslutningsstift". (Fig. 9.5 överst.) De senare kan ersättas med kontaktstift i de fall man vill ha spolen utbytbar. (Fig. 9.5 nederst.) Lämpliga kontakthylsor är nitar med 2,5 mm innerdiameter.

Tätlindas en sådan spolstomme med 0,2 mm lackisolerad tråd, får man följande induktansvärden (de kan räknas ut med hjälp av nomogrammet i fig. 9.4) :

Antal varv	Induktans i μH	Lindningens längd i mm (l i fig. 9.5)
70	50	16
90	75	22
110	100	25
150	150	34
300	600	34 (2 lager)

För induktansvärden mellan 25 och 50 μH kan man använda samma spolstomme men får då ta till lackisolerad koppartråd med större ledningsdiameter. Med tät lindning får man med en sådan spole följande induktansvärden:

Antal varv	Tråddiameter i mm	Induktans i μH	Lindningens längd i mm (I i fig. 9.5)
25	1	5	30
40	0,7	10	32
64	0,5	25	35
95	0,3	50	32

Induktansvärden mellan 10 och 50 μH är lämpliga för spolar avsedda att användas i avstämningsskretsar för frekvenser mellan ca 1,5 MHz och 10 MHz.

För induktansvärden mellan 1 och 5 μH bör man använda 1 mm lackisolerad koppartråd på den tidigare omnämnda spolstommen; med tät lindning får man då följande induktansvärden:

Antal varv	Induktans i μH	Lindningens längd i mm (I i fig. 9.5)
8	1	12
12	2	14
18	3	22
25	5	30

Induktansvärden mellan 1 och 10 μH är särskilt lämpliga att användas för avstämningsspolar vid kortvågsfrekvenser, dvs. mellan 3 och 30 MHz.

De här beskrivna cylinderspolarerna skall lindas varvrätt, dvs. varje varv lindas tätt intill föregående. Härvid kan man tillämpa knep som antyds i fig. 9.6 för att fixera trådens ändpunkter. Man får kanske träna in metoden på försök ett par gånger innan man lyckas riktigt

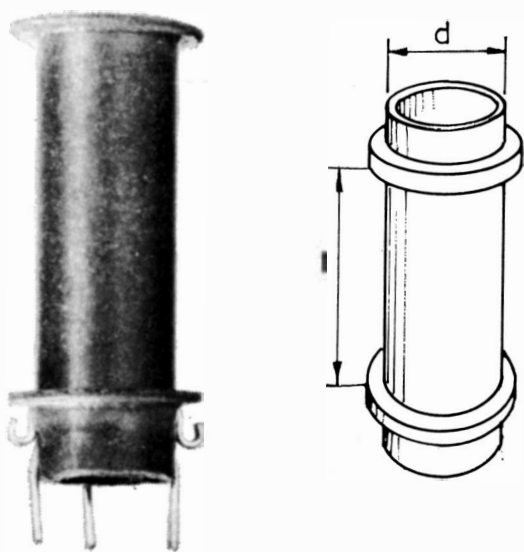


Fig. 9.5 En 15 mm spolstomme av pertinax kan användas för induktansspolar med induktans mellan ca 0,6 mH och 1 μ H. Sådana spolar kan t. ex. användas i resonanskretsar för frekvenser mellan ca 0,5 och 30 MHz. Spolen kan försees med lödanslutningsstift eller kontaktstift om man vill ha den utbytbar. Som kontakthylsor för stiften kan nitar med 2,5 mm innerdiameter användas, de är lätta att löda intill folieledning på kretskort. Se kap. 13 och 22.

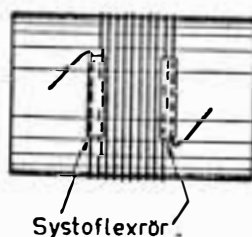
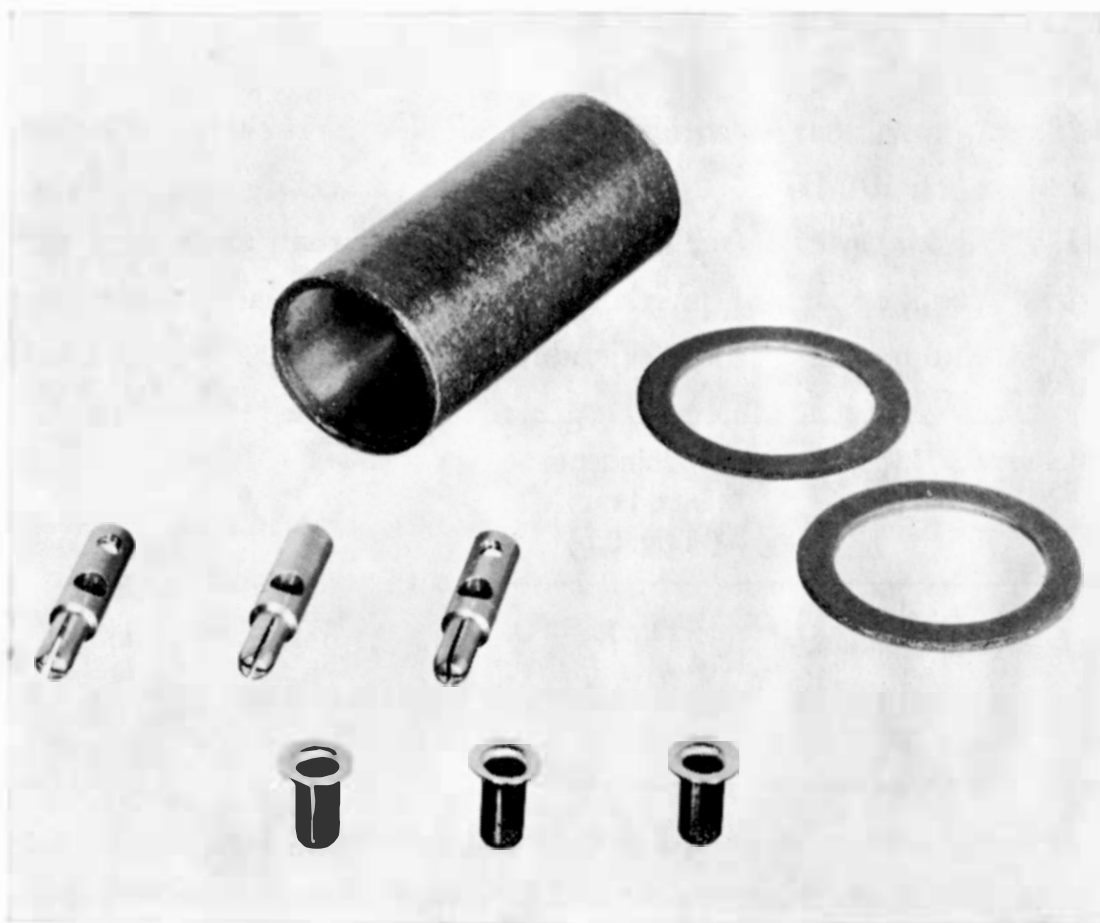


Fig. 9.6 På detta sätt kan man fixera trådändarna i en induktansspole med hjälp av ett systoflexrör i lindningens båda ändpunkter. De två första och de två sista varven träs in i systoflexröret.

bra. För att få fram tråden till spolens lödanslutningsstift resp. kontaktstift nedtill på spolen får man borra upp hål i nedre gaveln. Eventuellt kan hål i själva spolstommen tas upp så att tilledningstråden kan passera inne i spolen fram till anslutningspunkten. Viktigt är att man inte skadar trådens isolering. Det kan då uppstå kortslutning mellan de olika varven, och det måste man till varje pris undvika! Annars blir inte endast antalet varv lägre än önskat; det eller de kortslutna varven verkar också starkt dämpande på hela spolen och sätter ner dennas s. k. godhetstal.

Allmänt kan sägas att det oftast är önskvärt att godhetstalet är högt hos de induktansspolar som ingår i de kopplingar och kretsar som utnyttjas i radioteknisk apparatur. Godhetstalet hos en induktansspole bestäms bl. a. av resistansen i den ledningstråd som utnyttjas för spolen. Också virvelströmmar som växelströmmen i spillindningen ger upphov till i närbelägna metallföremål och i den järnkärna som eventuellt utnyttjas i spolen inverkar på godhetstalet för spolen.¹

Vilken diameter hos tråden som bör användas för att spolen skall få ett bra godhetstal har angivits i det föregående. Allmänt gäller att man bör använda grövre tråd ju högre frekvenser man skall arbeta vid. På de högsta frekvenserna på kortvåg, 15—30 MHz, är det i allmänhet bäst med 1 mm koppartråd, för lägre frekvenser kan man ta till 0,2—0,5 mm.

I spolar med förskjutbar järnpulverkärna ökas induktansen vid fullt inskruvad kärna 3—9 gånger, jämfört med den induktans man får med spolen helt utan kärna. Självklart är att man med en sådan spole kan efterjustera induktansvärdet hos spolen på bekvämt sätt genom att skruva in järnkärnan mer eller mindre i stommen, och samtidigt kan man klara sig med mindre antal varv för att uppnå viss induktans hos spolen. Beräkningsgången för sådana spolar är densamma som för spolar utan kärna. Skillnaden är den att man vid

¹ Förluster i induktansspolar behandlas utförligt bl. a. i John Schröder: *Elektronikens grunder*, del 1, Stockholm 1971.

beräkningen utgår från ett 3—9 gånger lägre induktansvärde än det man skulle ha om man hade spole helt utan kärna.

Foliespolar

Induktansvärden 1—10 μH kan erhållas med foliespolar av måttliga

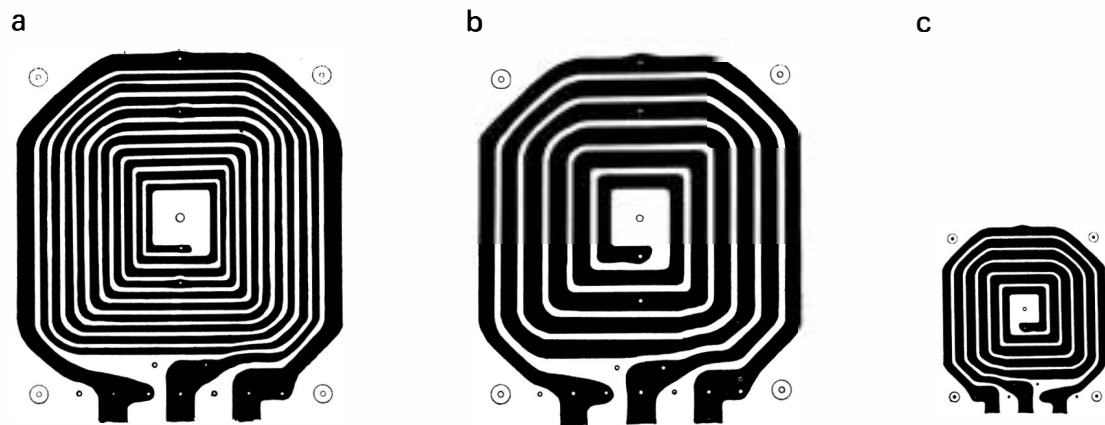


Fig. 9.7 Exempel på tryckta spolar av modultyp. Lämpliga att användas vid frekvenser 10–100 MHz. Spolen a är 5×5 cm och har 3,2 μH induktans inkl. kopplingslinga. Spolen b är 5×5 cm och har induktansen 1,1 μH inkl. kopplingsslinga. Den minsta spolen c är 2,5×2,5 cm och har induktansen 0,6 μH .

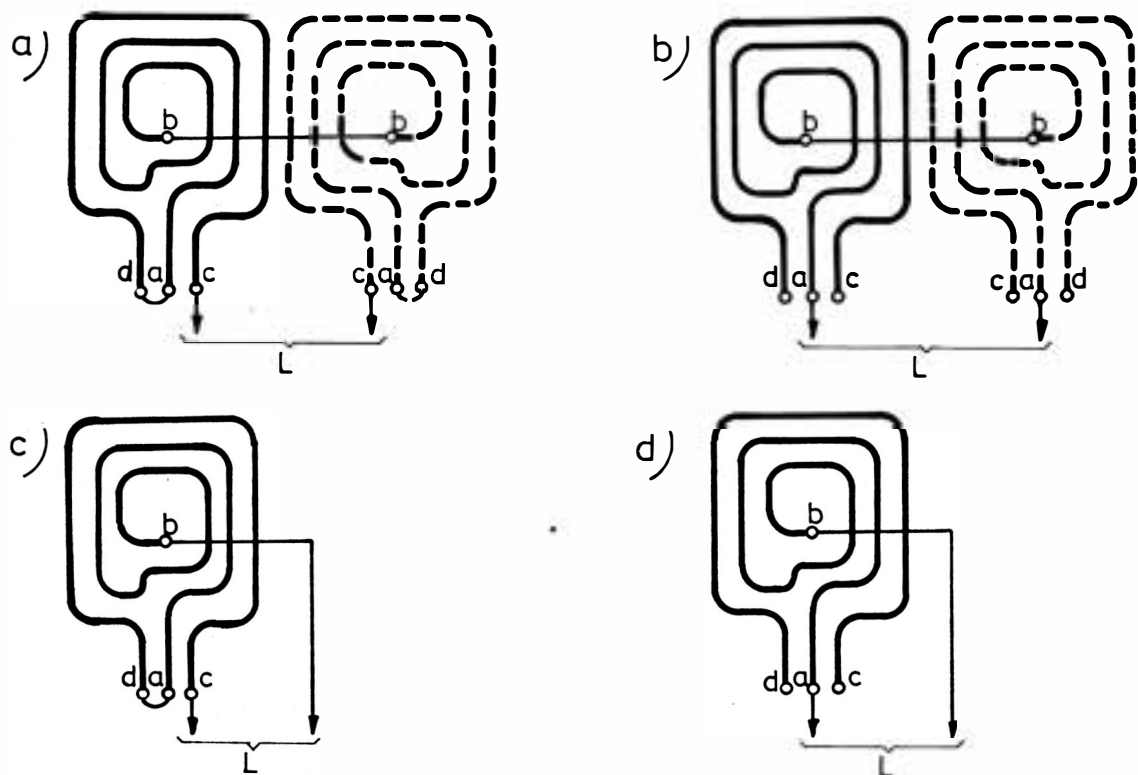


Fig. 9.8 Modulspolarna i fig. 9.7 kan kopplas ihop två och två (a och b), med och utan kopplingsspole.

dimensioner. Foliespolar finns att köpa som tryckta modulspolar. (Fig. 9.7.) Dessa spolar har en extra kopplingsslinga som antingen kan användas som "kopplingsspole" eller kan inkluderas i huvudspolen. (Fig. 9.8.) De induktansvärden som erhålls i olika kopplingskombinationer med spolar 5×5 cm är följande:

Spole	Induktans i μH	
	exkl. kopp- lingsslinga	inkl. kopp- lingsslinga
2 spolar à 11 varv, 5×5 cm, dikt an mot varandra med foliesidan utåt och seriekopplade i punkten b. (Fig. 9.7 a och 9.8 a eller b)	8,6	10
1 spole à 11 varv, 5×5 cm. (Fig. 9.7 a och 9.8 c eller d)	2,6	3,2
1 spole à 6 varv 5×5 cm. (Fig. 9.7 b och 9.8 c eller d.)	0,8	1,1

Induktansvärden under $1 \mu\text{H}$ erhålls med en tryckt modulspole $2,5 \times 2,5$ cm med 6 varv totalt; se fig. 9.7 c som uppvisar induktansen $0,6 \mu\text{H}$ inklusive kopplingsslingan och $0,4 \mu\text{H}$ exklusive kopplingsslingan. Denna spole lämpar sig bra för användning som avstämningsspole på VHF i konvertrar och mottagare för frekvensområdet 30—100 MHz.

De tryckta spolarna kan göras utbytbara genom att de förses med kontaktstift på samma sätt som beskrivits för cylinderspolarna. Lämpliga kontakthylsor är nitar med 2,5 mm innerdiameter.

Toroidspolar

Spolar med induktansvärden under $1 \mu\text{H}$ kan också erhållas med fribärande luftlindade toroidspolar. De lindas lämpligen med 1,0 mm lackisolerad koppartråd på en 8 mm cirkulär spolstomme. Lindnings-

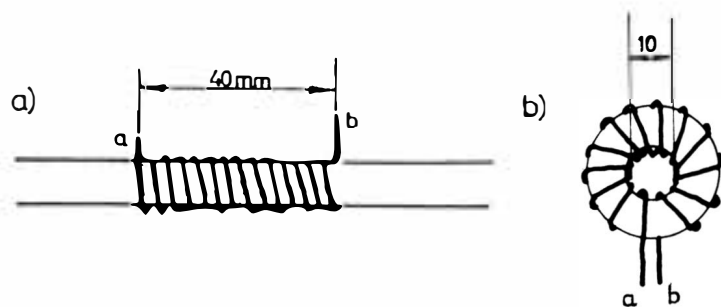


Fig. 9.9 En fribärande toroidspole kan lindas upp av 1,0 mm lackisolerad tråd som lindas över en 8 mm spolstomme till en längd av ca 40 mm. Spolen frigörs från spolstommen och böjs sedan ett varv runt en gummibussning e.d. Tar liten plats och har försvinnbart läckfält. Fästs med skruv genom gummibussningens centrumhål.

längd ca 40 mm. (Fig. 9.9 a). Den färdiglindade spolen böjs runt en gummibussning med ytterdiameter 10 mm så att "tilledningstrådarna" kommer intill varandra. Genom att man trär ett systoflexrör över de två tiledningstrådarna fixeras toroidspolen runt gummibussningen. (Fig. 9.9 b).

Toroidspolen har fördelen att ge mycket litet läckfält och kräver därför ingen skärmburk. Den kan lätt fästas vid t. ex. ett kretskort med en skruv anbringad genom gummibussningens centrumhål. Eftersom spolen inte har nämnvärt yttre fält inverkar inte fästskruven på spolens data.

Med ca 35 varv erhålls med det angivna lindningssättet ca 1 μH . Med färre varv, som då ger en mera gläslig lindning, erhålls lägre induktans enligt följande:

18 varv	0,25 μH
25 varv	0,50 μH

10. Resonanskretsar

behöver vi veta en del om, eftersom sådana kretsar bl. a. bestämmer vilka radiovågor vi kan ta emot i radiomottagare.

Vi har hittills stiftat bekantskap med tre av de grundläggande komponenter som utgör hörnstenarna i radiotekniska apparater, nämligen motstånd, kondensatorer och induktansspolar. Vi skall nu visa hur man sammanför kondensatorer och induktansspolar till s. k. resonanskretsar och hur dessa utnyttjas i radioapparat.

Om man kopplar en kondensator och en induktansspole parallellt över varandra, uppstår en s. k. parallellresonanskrets. (Fig. 10.1 a.) Om man i stället kopplar dem i serie med varandra, som visas i fig. 10.1 b, får man en serieresonanskrets. Såväl parallell- som serieresonanskretsen uppvisar vid en viss frekvens, resonansfrekvensen, ett fenomen som kanske enklast kan beskrivas som en elektrisk motsvarighet till det mekaniska resonansfenomen som man kan iaktta när en kula av viss vikt hängs upp i en fjäder. (Fig. 10.2.) Om man spänner fjädern och sedan släpper den, börjar kulan gunga upp och ned ett visst antal gånger per sekund. Detta antal svängningar per sekund är = den mekaniska resonansfrekvensen.

På samma sätt kan man få en elektrisk resonanskrets att bete sig. Om man i parallell resonanskrets ansluter ett batteri med spänningen E och sedan plötsligt slår ifrån denna, kommer spänningen över resonanskretsen inte att upphöra ögonblickligen utan att gunga upp och ner (fig. 10.3) på samma sätt som den fjäderupphängda kulan, innan den slutligen slår sig till ro.

Den frekvens (= antalet svängningar per sekund) som de avkling-

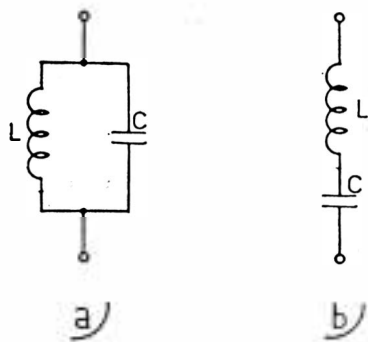


Fig. 10.1 a) Parallellresonanskrets b) serieresonanskrets.

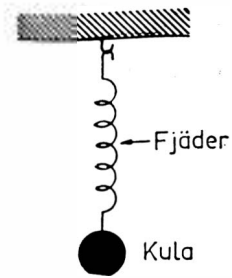


Fig. 10.2 Mekanisk "resonanskrets", en fjäderupphängd kula.

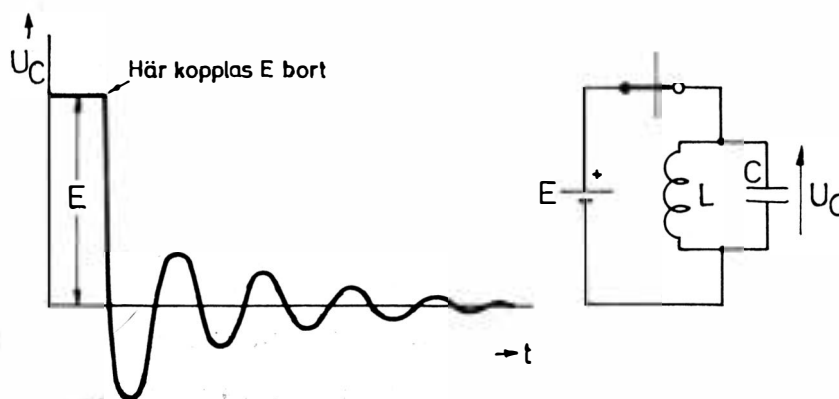


Fig. 10.3 Om man plötsligt kopplar bort en likspänning från en parallellresonanskrets, kommer spänningen U_C över kondensatorn att förete en s. k. dämpad svängning, vars frekvens är = kretsens resonansfrekvens.

ande spänningssvängningarna uppvisar är = resonanskretsens resonansfrekvens.

Resonansfrekvensen för en mekanisk anordning enligt fig. 10.2 bestäms av massan i kulan och fjäderkraften. Resonansfrekvensen för en elektrisk resonanskrets bestäms på liknande sätt av induktansspolens induktans och kondensatorns kapacitans.

I kap. 7 nämndes att en kondensators reaktans ökar med minskande frekvens och att den är oändligt hög för frekvensen noll, dvs. för likström. I kap. 8 påpekades att induktanspolars reaktans förhåller

sig precis tvärtom, dvs. induktansspolens reaktans minskar med minskande frekvens och är $= 0$ för likström. Vid den frekvens vid vilken reaktansen för induktansspolen och reaktansen för kondensatorn i en resonanskrets är lika stora uppträder resonans: detta gäller både för parallellresonanskretsen och serieresonanskretsen. (Fig. 10.4 och 10.5.)

Parallellresonanskretsen

Om vi nu först ser på förhållandena vid en parallellresonanskrets — som är den vanligaste typen av resonanskrets som kommer till användning inom radiotekniken — kan vi till en början konstatera att reaktanserna i kretsen ligger parallellt över varandra. Enligt vad som sagts tidigare är vid en frekvens långt under kretsens resonansfrekvens kondensatorns reaktans höghmig (dess reaktans ökar ju med fallande frekvens), under det att induktansspolens reaktans blir låghmig vid samma frekvens (dess reaktans minskar ju vid fallande frekvens). Eftersom nu båda komponenterna ligger parallellt över varandra, är det uppenbart att den låghmiga induktansspolen kommer att leda huvuddelen av strömmen. Man kan med andra ord försumma inverkan av kondensatorns reaktans vid dessa frekvenser. Det betyder att resonanskretsen vid låga frekvenser långt under resonansfrekvensen fungerar helt enkelt som om endast induktansspolen vore kvar. (Fig. 10.4.)

Om vi nu går till frekvenser ovanför resonansfrekvensen, så är förhållandena motsatta. Nu är det kondensatorns reaktans som är låghmig, under det att induktansspolens reaktans är höghmig. Det betyder att det vid höga frekvenser är kondensatorns reaktans som dominerar; man kan försumma inverkan av induktansspolen. Vi kan nu betrakta kretsen som om induktansspolen inte finnes där — kretsen fungerar som om endast kondensatorn vore kvar.

Vid resonansfrekvensen blir förhållandena annorlunda. Vid denna frekvens är reaktanserna exakt lika stora och detta yttrar sig på det sättet att kretsen utåt, dvs. mätt över kretsens ytterklämmor, verkar

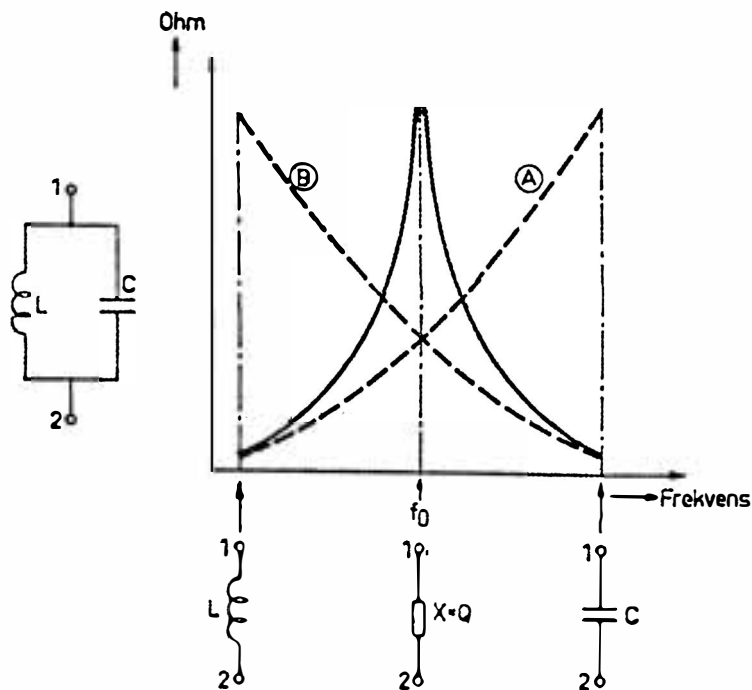


Fig. 10.4 En parallellresonanskrets verkar utåt som en lågohmig induktiv reaktans vid låga frekvenser, som en högohmig resistans vid resonansfrekvensen och som en lågohmig kapacitiv reaktans vid höga frekvenser.

som en mycket högohmig resistans. Detta kan verka förbluffande, men förklaringen är enkel; kapacitiv (negativ) reaktans har motsatt tecken jämfört med induktiv (positiv) reaktans, de tar ut varandra. Energin i kretsen kommer att pendla mellan kondensatorn (som laddning i denna) och induktansspolen (som magnetfält i denna). Jämför pendlingen av energi i ett mekaniskt system enligt fig. 10.2, där energin pendlar mellan lägesenergi och rörelseenergi. Mycket stora strömmar kommer att svänga fram och tillbaka i kretsen, men den energi som kretsen tar upp är mycket liten, vilket är detsamma som att den — utåt sett — är högohmig.

Vid resonansfrekvensen verkar alltså kretsen utåt som en högohmig resonansresistans. Ju högohmigare denna resonansresistans är i förhållande till reaktansen i kretsen, desto mera utpräglad är kretsens resonans. Man talar i detta sammanhang om kretsens Q -värde, varmed man menar kretsens s. k. godhetstal. Nu gäller att ju högre Q (Q är förkortning för Quality = kvalitet) kretsen har, desto högohmigare blir den. Det finns ett enkelt samband mellan den resistans

R, som parallellresonanskretsen uppvisar vid resonans, Q-värdet, och den reaktans X vid resonansfrekvensen som induktansen eller kondensatorn har (de har ju exakt samma reaktans vid resonansfrekvensen). Detta samband är lika enkelt som Ohms lag. Det lyder

$$R = X \cdot Q$$

Man multiplicerar sålunda helt enkelt reaktansvärdet för endera komponenten i kretsen med Q-värdet och därmed får man direkt fram den resistans som kretsen uppvisar vid resonansfrekvensen.

Exempel: Reaktansen för induktansspolen eller kondensatorn i en parallellresonanskrets är $= 1\,000$ ohm. Q-värdet är 100. Resistansen vid resonansfrekvensen är då $1\,000 \cdot 100 = 100\,000$ ohm $= 100$ kohm.

Fig. 10.4 visar schematiskt hur en resonanskrets uppträder vid olika frekvenser. Vid resonansfrekvensen fungerar kretsen, som redan nämnts, som en resistans R som är $= QX$. Vid låga frekvenser är det induktansspolen som dominerar och man kan då helt enkelt ersätta kretsen med enbart induktansspolen i avstämningsskretsen. Vid höga frekvenser däremot är det kondensatorn som dominerar och där kan man bortse från inverkan av induktansspolen; vi kan ersätta resonanskretsen med enbart kondensatorn.

Låt oss nu tänka efter en smula. Hade vi i kretsen haft endast en induktansspole, skulle vi haft en reaktans i kretsen som ökat med frekvensen, dvs. reaktansen hade förlöpt efter kurva A i fig. 10.4. Hade vi enbart haft en kondensator, skulle reaktansen förlöpa enligt kurva B i samma fig. Nu när dessa element ligger parallellkopplade, får vi vid resonansfrekvensen en kraftig höjning av kurvan, det uppträder en "resonanstopp".

Genom att hålla denna fig. 10.4 i minnet är det en enkel sak att göra klart för sig hur en parallellresonanskrets i själva verket funge-

rar: Kretsen är vid låga frekvenser lågohmig, likaså vid höga frekvenser; vid låga frekvenser är det reaktansen hos induktansen, vid höga frekvenser reaktansen hos kapacitansen, som är lågohmig. Vid resonansfrekvensen däremot är kretsen ekvivalent med en mycket högohmig resistans.

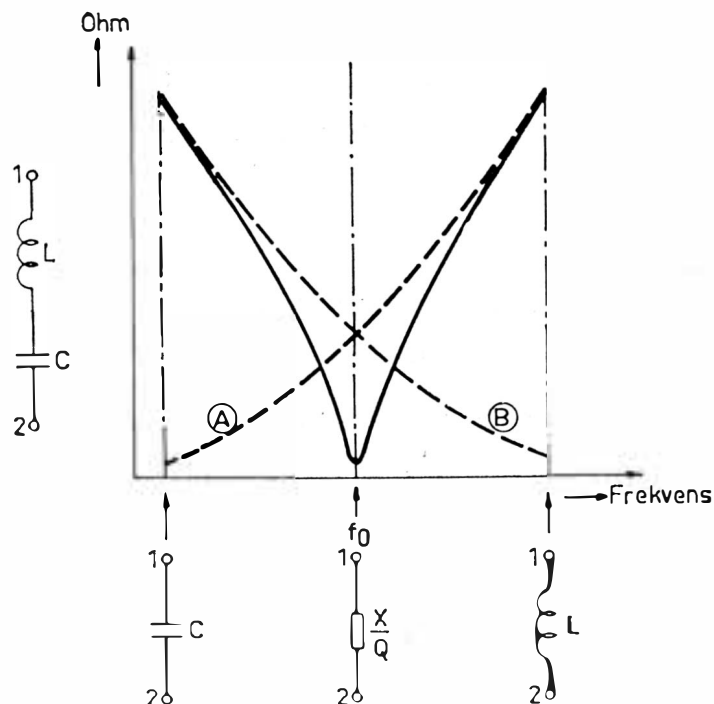
Även bredden på resonansstoppen i en parallellresonanskrets är beroende av Q -värdet i kretsen. Ju högre Q -värde resonanskretsen har, desto brantare och smalare blir resonanskurvan. Man säger att kretsen blir mera selektiv. Om man vill ha en selektiv mottagare (se kap. 13), eftersträvar man höga Q -värden i kretsarna, vilket är det samma som att man försöker hålla nere förlusterna (låga förluster = högt Q -värde) i de element som utbildar resonanskretsen. Det är i första hand induktanserna som man försöker hålla så förlustfria som möjligt. Kondensatorerna har i allmänhet så höga Q -värden att det huvudsakligen är genom minskade förluster i induktanserna som man kan uppnå förbättring av selektiviteten hos en resonanskrets. Minskade förluster i en induktansspole erhålls bl. a. genom att man tar till tjockare ledningstråd.

Serieresonanskretsen

Om vi nu övergår till serieresonanskretsar så blir förhållandena annorlunda. Vi kan emellertid föra samma resonemang som förut. Vi kan utgå från att reaktansen för en kondensator ökar med minskande frekvens, under det att reaktansen för en induktansspole minskar med minskande frekvens. (Fig. 10.5.) Nu ligger i en serieresonanskrets kondensatorn och induktansspolen i serie, vilket betyder att vid låg frekvens kommer kretsen utåt att fungera som om det låg endast en kondensator inkopplad; det är ju dennas reaktans som dominerar, induktansspolen fungerar ju mer eller mindre som en kortslutning (lågohmig reaktans) vid låg frekvens.

Vid höga frekvenser blir induktansspolen högohmig, under det att kondensatorn blir lågohmig, och därmed är det tydligt huvudsakligen

Fig. 10.5 En serie-resonanskrets verkar utåt som en höghmig kapacitiv reaktans vid låga frekvenser, som en låghmig resistans vid resonansfrekvenser och som en höghmig reaktans vid höga frekvenser.



induktansspolens reaktans som man har att ta hänsyn till. Kondensatorn är så låghmig att den fungerar som en kortslutning i serie med induktansen.

Vid den frekvens vid vilken reaktanserna för kondensatorn och induktansspolen är lika stora uppträder — liksom fallet var med en parallellresonanskrets — resonans. Även serieresonanskretsen fungerar vid sin resonansfrekvens som en ren resistans, men nu är det fråga om en mycket låghmig resistans. Den är = reaktansen för induktansspolen eller kondensatorn *dividerad* med Q -värdet för kretsen. Serieresonanskretsen fungerar sålunda mer eller mindre utåt sett som en kortslutning vid resonansfrekvensen. Vid andra frekvenser, över och under resonansfrekvensen, stiger reaktanskurvan.

Exempel: Reaktansen är vid resonansfrekvensen i en serieresonanskrets = 1 000 ohm, Q -värdet är = 100. Resistansen är då vid resonansfrekvensen $1\,000 : 100 = 10$ ohm.

Även beträffande serieresonanskretsar gäller att kurvans topp eller rättare sagt "dal" är spetsigare ju högre Q -värdet i kretsen är. Kretsens selektivitet är sålunda större ju högre Q -värdet är.

Vad används resonanskretsar till?

Allmänt kan sägas att resonanskretsar används för att särskilja signaler av olika frekvens.

Parallellresonanskretsar används för att framhäva en viss frekvens eller ett smalt frekvensband så att denna frekvens eller detta frekvensband ensamt "separeras" fram. I radiomottagare används parallellresonanskretsar för att selektivt ta fram inkommande signalspänningen från en sändare som utsänder viss frekvens. Man avstämmer parallellresonanskretsen till denna frekvens och därmed har man kretsen högohmig för just den frekvens som man vill ta in. Övriga frekvenser blir mer eller mindre kortslutna genom att kretsen är lågohmig för andra frekvenser än just resonansfrekvensen. Signaler från andra sändare vid andra frekvenser än kretsens resonansfrekvens dämpas ner, så att de inte blir uppfattbara.

Serieresonanskretsar används huvudsakligen för att undertrycka en viss frekvens. Man arrangerar då så att dess resonansfrekvens överensstämmer med den icke önskade frekvensen, och kretsen fungerar ju då som kortslutning just vid denna frekvens. Vid övriga frekvenser är den däremot mer eller mindre högohmig ju längre från resonansfrekvensen man kommer.

Beräkning av resonanskretsar

Efter denna lilla orientering om hur resonanskretsen fungerar kan vi övergå till att se litet närmare på hur man beräknar resonanskretsar i radioapparater. Som redan nämnts används huvudsakligen parallellresonanskretsar i mottagares avstämningskretsar. Resonansfrekvensen för en sådan krets är beroende av värdena på kapacitansen resp. induktansen i kretsen. Allmänt gäller att ju större kapacitans eller in-

duktans som ingår i resonanskretsen, desto lägre blir kretsens resonansfrekvens.

Om man därför ökar kapacitansen i en parallellresonanskrets använd som avstämningsskrets i en mottagare genom att man "vrider in" avstämningsskondensatorn, sjunker resonansfrekvensen för kretsen.

Man kunde naturligtvis lika gärna ändra kretsens resonansfrekvens genom att variera induktansen i kretsen, men eftersom det är enklare att tillverka en variabel kondensator än att tillverka en variabel induktans, avstämmer man i allmänhet en avstämningsskrets genom att variera kapacitansen i en i kretsen ingående vridkondensator eller variabel halvledarkondensator.

Avstämningsskondensatorerna är standardiserade i ett rätt litet antal olika huvudtyper. Man har inte så många typer av vridkondensatorer att välja på. En vanlig typ är en pertinaxisolerad vridkondensator, med vars hjälp man kan variera kapacitansen (inklusive läckkapacitanser) i kretsen från ca 50 pF upp till det tiodubbla värdet, ca 450—500 pF. Med halvledarkondensatorer kan man få kapacitansvärden mellan något 10-tal pF upp till max. 50—400 pF när man varierar spänningsvärdet.

Vi skall nu visa dels hur man beräknar resonansfrekvensen i en avstämd krets, dels hur man bestämmer induktans och kapacitans i en resonanskrets för att få denna avstämd till önskad frekvens. Dessa beräkningar kan man enkelt utföra med hjälp av nomogrammet i fig. 10.6. Tillvägagångssättet när man skall bestämma resonansfrekvensen för en avstämd krets är följande: sök upp på den vänstra "stomlinjen" i nomogrammet (vänstra vertikala linjen graderad i induktansvärden) den punkt som svarar mot det induktansvärde som induktansspolen i den avstämda kretsen har. Sök sedan på stomlinjen längst till höger (graderad i kapacitansvärden) upp motsvarande punkt för det kapacitansvärde som kondensatorn i den avstämda kretsen har. Dra sedan en rät linje mellan de båda punkterna. Där denna räta linje skär den mittersta stomlinjen kan man avläsa kretsens re-

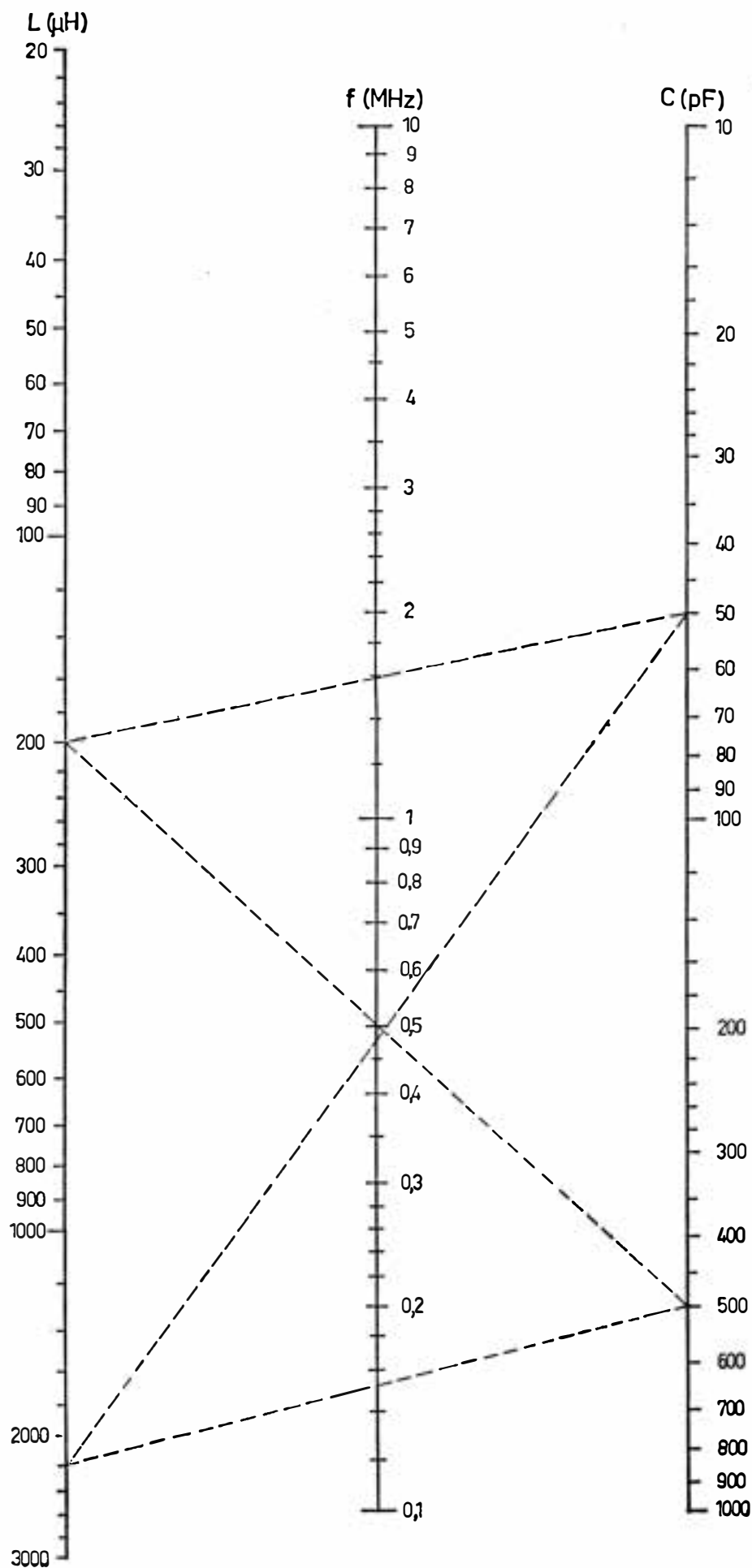


Fig. 10.6 Nomogram för beräkning av resonansfrekvensen, f (MHz), i resonanskrets med induktansen L (μH) och kapacitansen C (pF). Nomogrammet gäller för frekvenser mellan 0,1 och 10 MHz. Två exempel som genomgås i texten är inritade med streckade linjer i nomogrammet. Jfr även fig. 10.7 och 10.8.

sonansfrekvens.

I nomogrammet i fig. 10.6 är som exempel linjer dragna mellan punkterna för 2,2 mH och 500 resp. 50 pF samt mellan 200 μ H och 500 resp. 50 pF. Som synes erhålls resonansfrekvenserna 150, 470, 500 samt 1 600 kHz i de fyra fallen. Av nomogrammet kan man lätt avläsa hur resonansfrekvensen ändras när kapacitansen ändras. Lättast ser man sambandet om man har en genomskinlig linjal, som man lägger mellan respektive punkter på de två yttre stomlinjerna och sedan avläser frekvensen under linjalens kant på den mittersta stomlinjen.

Man kan också åskådliggöra detta samband med en kurva, och i fig. 10.7—10.8 visas hur resonansfrekvensen ändras i en mottagare för långvåg och mellanvåg när kapacitansen ändras från 50 till 500

Fig. 10.7 Sambandet mellan resonansfrekvensen i en krets med en vridkondensator 50–500 pF och fast induktans 2,2 mH (långvågsområdet).

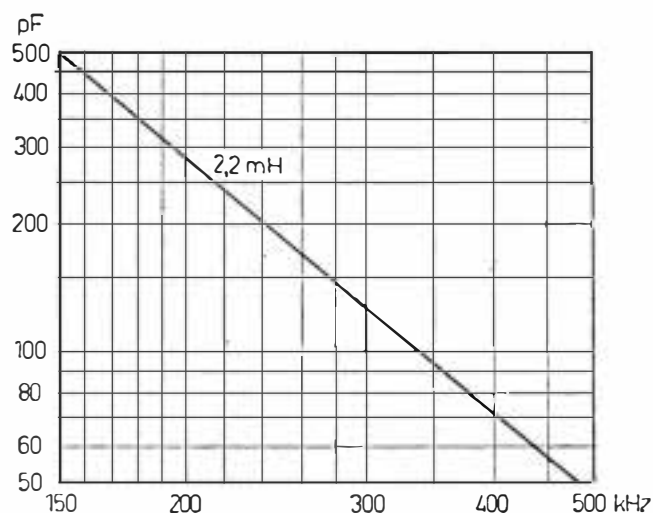
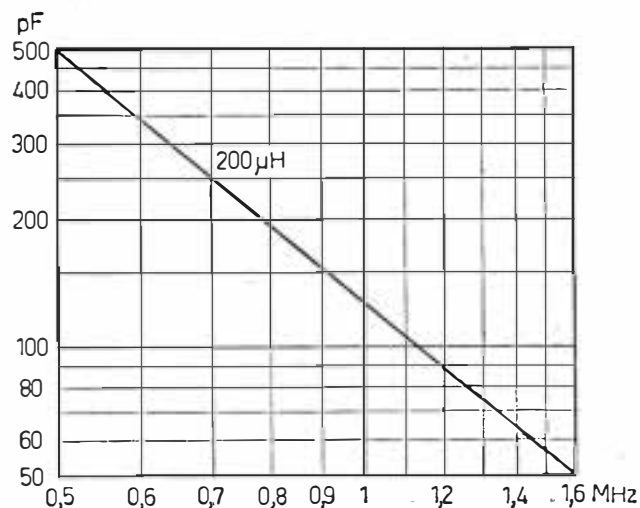


Fig. 10.8 Sambandet mellan resonansfrekvensen i en krets med variabel kondensator 50–500 pF och fast induktans 200 μ H (mellanvågsområdet).



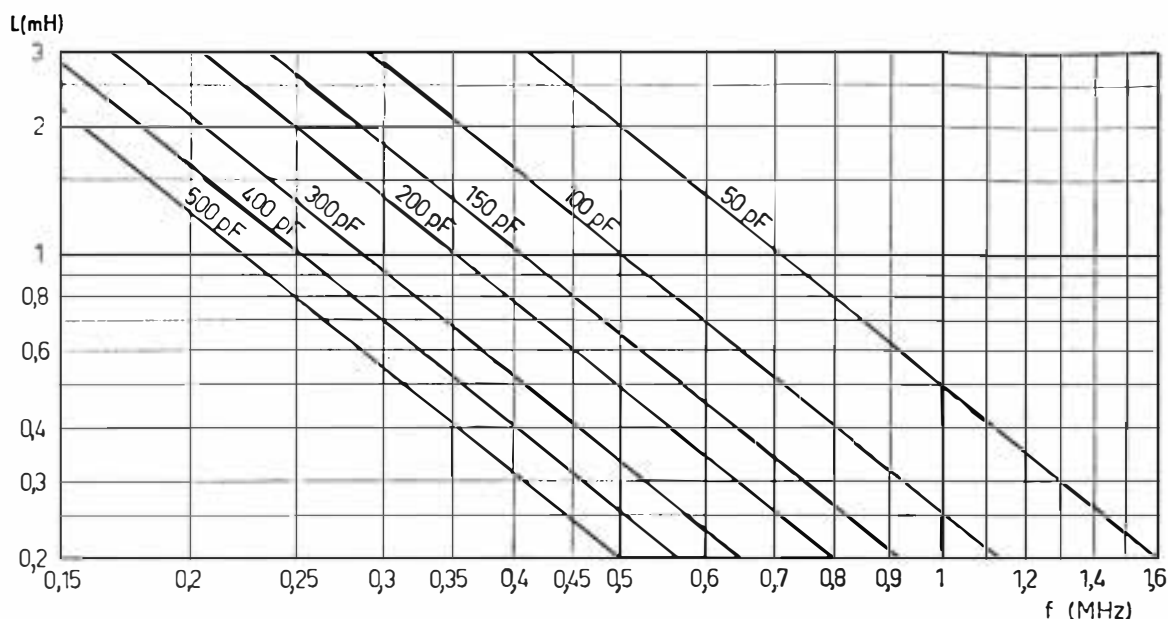


Fig. 10.9 Sambandet mellan resonansfrekvensen i en krets med variabel induktans från 0,2 till 3 mH vid några olika värden mellan 50 och 500 pF på avstämningskondensatorns kapacitans.

pF, dvs. när vridkondensatorn vrids från minimum kapacitans till maximum kapacitans.

De visade kurvorna gäller för vissa värden på induktansen i resonanskretsens induktansspole (2,2 mH resp. 200 μ H).

Om nu i stället kapacitansen i kretsen är konstant under det att induktansen ändras, kommer resonansfrekvensen att ändras så som antyds i kurvorna i fig. 10.9. Här återges ett antal kurvor för kapacitanser mellan 50 pF och 500 pF. Av kurvorna framgår att för en fyrdubbling av induktansen inträder en halvering av resonansfrekvensen, och en nio gånger högre induktans medför en sänkning av resonansfrekvensen till en tredjedel. Man säger att resonansfrekvensen är omvänt proportionell mot roten ur induktansen. Samma sak gäller för övrigt också beträffande kapacitansen: en fyrdubblad kapacitans medför en halvering av resonansfrekvensen etc. Detta framgår ju ock-

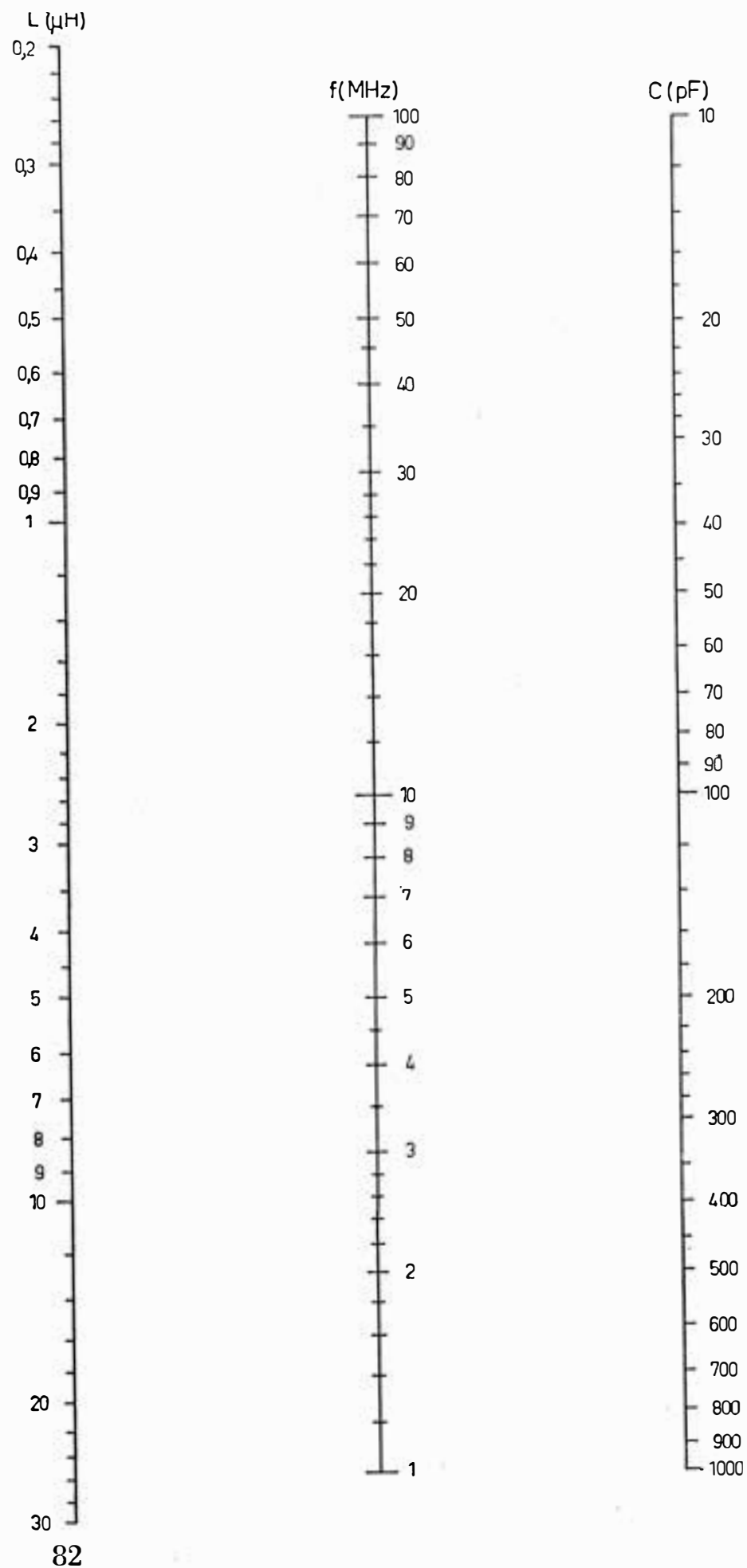


Fig. 10.10 Nomogram for determination of resonance frequency f (MHz) for a circuit with inductance L (μH) and capacitance C (pF). Nomogrammet gäller för frekvenser mellan 1 och 100 MHz.

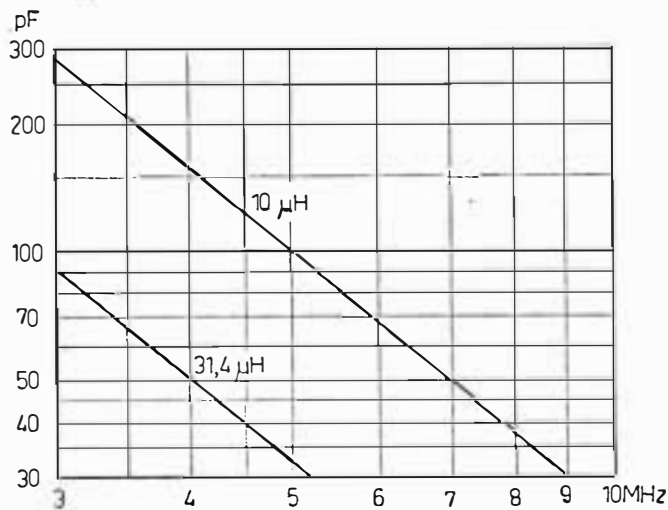


Fig. 10.11 Sambandet mellan resonansfrekvensen för en avstämningsskrets i en kortvågsmottagare där avstämningsskondensatorn har kapacitansen 30–90 pF resp. 30–280 pF. Induktansen i avstämningsskretsen 31,4 resp. 10 μH .

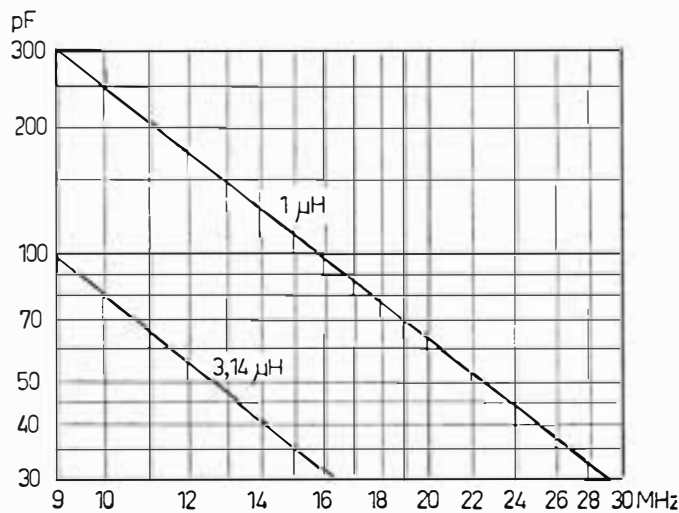


Fig. 10.12 Sambandet mellan resonansfrekvensen för en avstämningsskrets i en kortvågsmottagare där avstämningsskondensatorn har kapacitansen 30–100 pF resp. 30–300 pF. Induktansen i avstämningsskretsen 3,14 resp. 1 μH .

så dels av nomogrammet i fig. 10.6, dels av kurvorna i fig. 10.7 och 10.8.

Man kan också använda nomogrammet i fig. 10.6 så att man utgår från den önskade frekvensen på nomogrammets stomlinje i mitten. Genom att från denna punkt på mittstomlinjen dra ut en rät linje som skär båda de yttre stomlinjerna kan man avläsa de C- resp. L-värden som ger den önskade resonansfrekvensen. Uppenbarligen är det ett oändligt antal samhörande värden på L och C som ger den

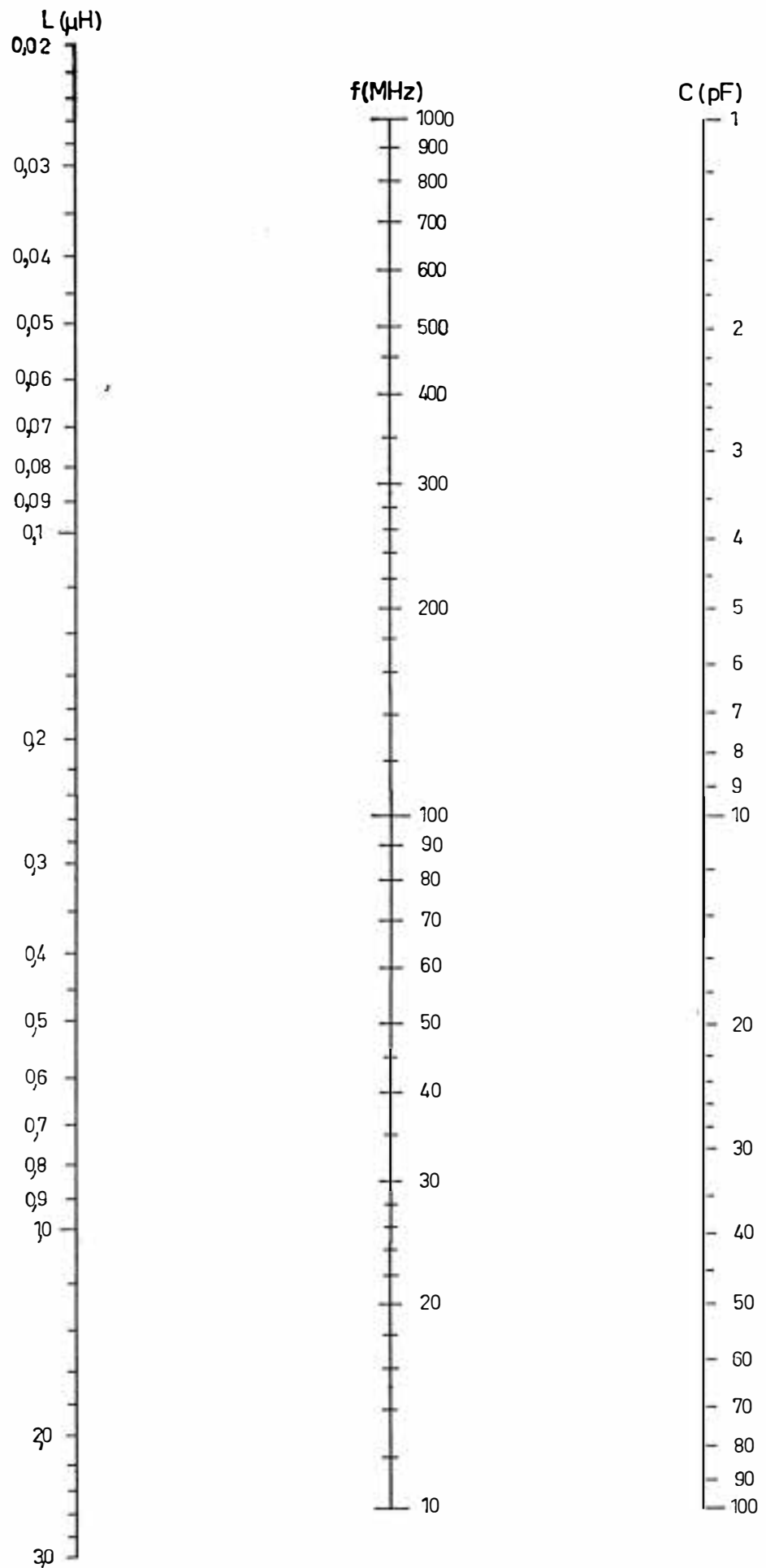


Fig. 10.13 Nomogram for determination of resonance frequency, f (MHz), for a circuit with inductance L (μH) and capacitance C (pF). Nomogrammet gäller för frekvenser mellan 10 och 1 000 MHz.

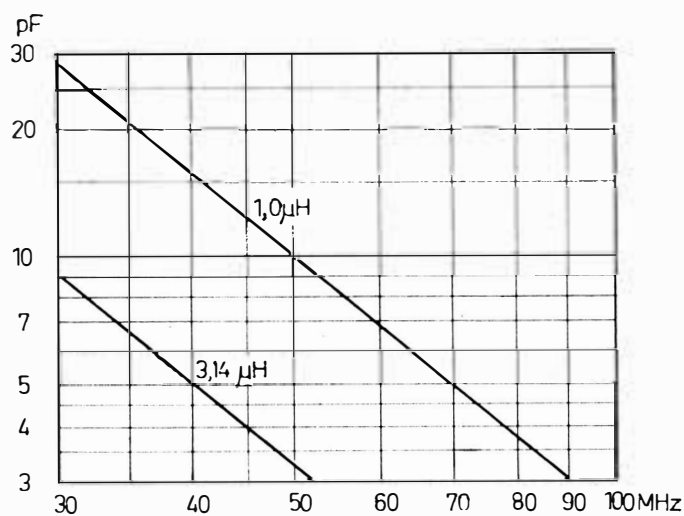


Fig. 10.14 Resonansfrekvensen för en avstämd krets med variabel kapacitans 3–9 pF resp. 3–27 pF och fast induktans 1 μH respektive 3,14 μH .

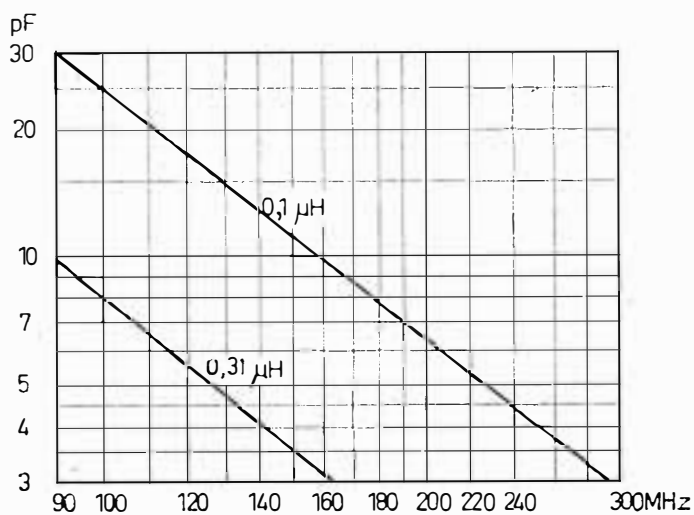


Fig. 10.15 Resonansfrekvensen för en avstämd krets med variabel kapacitans 3–10 pF resp. 3–30 pF och fast induktans 0,1 μH respektive 0,314 μH .

önskade frekvensen, men man har å andra sidan vissa praktiska gränser för L- och C-värdena som man måste hålla sig inom.

Det i det föregående återgivna nomogrammet och kurvorna bör vara till god nytta för den som själv vill dimensionera och beräkna sin mottagare för andra frekvenser som inte sammanfaller med långvågs- och mellanvågsbandet.

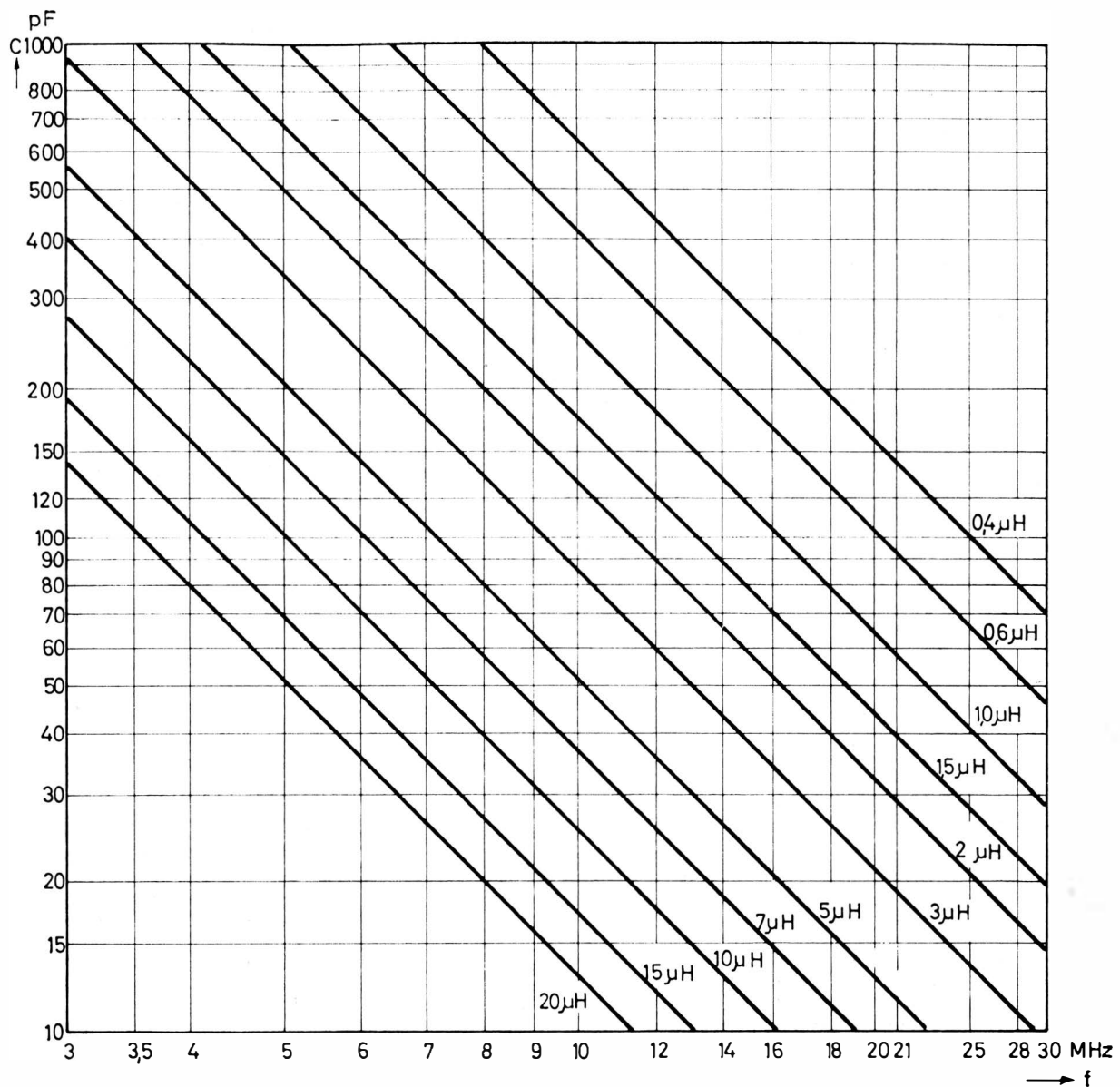


Fig. 10.16 Detta diagram ger sambandet mellan kapacitans och induktans för resonansfrekvenser inom frekvensområdet 3–30 MHz.

För den som ämnar syssla med kortvågsmottagning ges i fig. 10.10 motsvarande nomogram för frekvensområdet 1—100 MHz. Vidare ges i fig. 10.11 och 10.12 ett par kurvor gällande för frekvensområdet 3—30 MHz.

Kurvorna för kortvågsområdet gäller för en vridkondensator 30—300 pF resp. 30—100 pF. Med en vridkondensator 30—300 pF kan

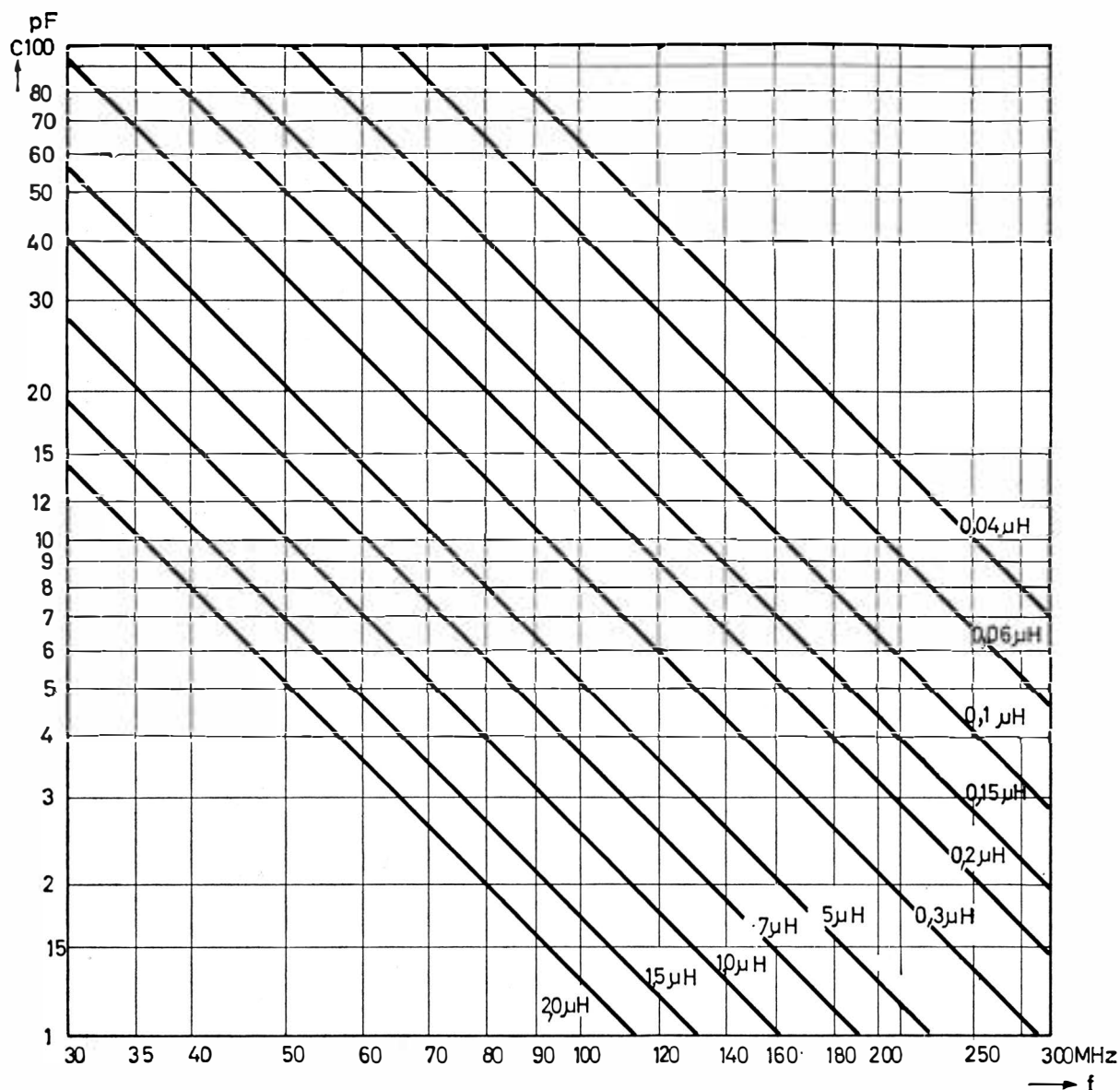


Fig. 10.17 Detta diagram ger sambandet mellan kapacitans och induktans för resonanskretsar inom frekvensområdet 30–300 MHz.

man täcka kortvågsområdet med två olika spolar med 10 resp. 1 μH induktans, varvid man får två olika områden: med det högre induktansvärdet området 3–9,0 MHz och med det lägre induktansvärdet området 9,0–30 MHz.

Nu finner man snart att en variabel kondensator 30–300 pF medför besvärligheter att avstämna på kortvåg, eftersom stationerna kommer att ligga mycket tätt på skalan. Tar man då i stället till en kon-

densator 30—100 pF får man mindre frekvensområden men bättre spridning på skalan av stationerna, men man måste då ha fyra spolrar för att täcka hela kortvågsområdet. De fyra spolarna skall ha induktansvärdena 31,4, 10, 3,14 och 1 μH , och man får då följande frekvensområden med resp. spolrar: 2,8—5,2 MHz, 5,0—9,0 MHz, 9,0—16,0 MHz och 16,0—29,0 MHz.

Den som tänker ägna sig åt frekvenser mellan 30 och 300 MHz kan använda nomogrammet i fig. 10.13, som omfattar frekvensområdet 10—1 000 MHz, och kurvorna i fig. 10.14 och 10.15, som visar vilken resonansfrekvens mellan 30 och 300 MHz som erhålls för 3,14, 1,0, 0,31 resp. 0,1 μH om avstämningsskapacitansen varierar mellan 3 och 30 pF eller mellan 3 och 9 pF. I fig. 10.16 och 10.17 återfinnes mera generella diagram som visar sambandet mellan kapacitans och induktans för resonanskretsar med resonansfrekvens mellan 3 och 300 MHz.

11. Halvledardioder och halvledarkondensatorer

tillhör ”familjen” halvledarkomponenter till vilken bl. a. transistorn hör.

I alla typer av radioapparater förekommer det en uppsättning s. k. halvledarkomponenter av olika slag, bl. a. transistorer och halvledardioder. I detta kapitel skall behandlas halvledardioder av olika slag, inklusive ”halvledarkondensatorer”. Den senare komponenten är ingenting annat än en halvledardiod med speciell utformning som fungerar som en kondensator.

Halvledardioder är i princip uppbyggda av s. k. *halvledarmaterial*, dvs. material som varken är att betrakta som en isolator, t. ex. keramik, eller fullt ledande, som metall.

De halvledarmaterial som huvudsakligen kommer till användning i halvledarkomponenter är *germanium* och *kisel*, material som i rent tillstånd är ganska goda isolationsmaterial. Genom tillsatser av speciella s. k. störmöten gör man dessa material ”halvledande”.

Halvledarmaterial av N-typ

Genom tillsats av exempelvis fosfor, arsenik och antimon får man i halvledarmaterialets atomstruktur infogat atomer som har en elektron mer än de som germanium- eller respektive kiselatomerna har.

Denna extra elektron frigörs lätt. Det blir så att säga en elektron över för varje störatom som tillförs och det är dessa överskottselektroner — negativt laddade — som kan uppträda som negativa s. k. ladd-

ningsbärare i materialet. Det kan därför i sådant material uppstå en elektrisk ström som byggs upp av dessa negativa laddningsbärare.

Halvledarmaterial som på detta sätt genom tillsats av störemnen blivit utrustade med fria negativa laddningsbärare, benämns halvledarmaterial av *N-typ* (N=negativ). Strömmen genom ett sådant halvledarmaterial byggs upp av elektroner — men då antalet sådana fria laddningsbärare i materialet är begränsat, kommer ledningsförmågan att bli begränsad och inte så stor som exempelvis i en metall, där man har betydligt mera elektroner, dvs. negativt laddade laddningsbärare, till förfogande för strömtransporten.

Halvledarmaterial av P-typ

Man kan också i utgångsmaterialet tillsätta material som bor, aluminium, gallium eller indium. Därvid kommer germanium- eller kiselkristallens atomstruktur att få ”störatomer” som har en elektron mindre än halvledarmaterialets egna atomer. Det betyder att det blir underskott på elektroner i atomstrukturen, det kommer att fattas lika många elektroner som antalet tillförda störatomer. Dessa ”hål” efter elektroner fungerar nu som fria positiva laddningsbärare. Halvledarmaterial som på detta sätt genom tillsats av störemnen får fria positiva laddningsbärare, hål, benämns halvledarmaterial av *P-typ* (P=positiv).

Halvledarmaterial av P-typ fungerar sålunda liksom halvledarmaterial av N-typ som delvis ledande material. Skillnaden är att strömmen i halvledarmaterial av P-typ byggs upp av positiva i stället för negativa laddningsbärare.

”Inbyggd” spänningsbarriär i halvledardioden

Halvledardioder innehåller båda slagen av halvledarmaterial. Se fig. 11.1.

Om vi nu studerar fig. 11.1 närmare finner vi att man i halvledardioden sammanfogat det N-ledande och det P-ledande halvledarma-

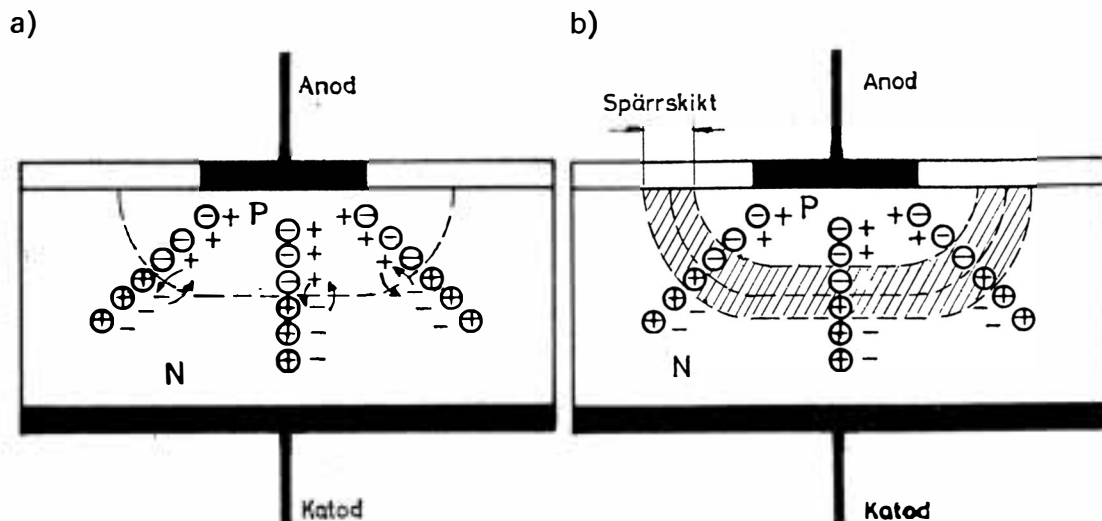


Fig. 11.1 Om ett N-ledande halvledarmaterial sammanfogas med ett P-ledande material uppstår ett spärrskikt i anslutning till sammanfogningsytan.

terialelet så att de båda materialen kommer i direkt kontakt med varandra. När man för ihop de två materialen händer följande: de fria positiva laddningsbärarna i P-materialet attraheras av de negativa laddningsbärarna i N-materialet och tvärtom. I första ögonblicket efter det att materialen fogats ihop kommer det därför att bli ett snabbt utbyte av fria laddningsbärare mellan de två materialen. Se fig. 11.1 a. De positiva laddningsbärare som kommer in i det N-ledande materialet "slår sig ihop" med detta materials negativa laddningsbärare så att de två laddningarna neutraliseras. Samma sak sker med de elektroner som från N-materialet går över till P-materialet: de neutraliseras av hålen i P-materialet.

Alla fria laddningsbärare kommer sålunda att försvinna i ett gränsskikt mellan de två materialen, och det uppstår ett område där det varken finns positiva eller negativa laddningsbärare. Att inte alla fria laddningsbärare i N- respektive P-området ger sig iväg över till "andra sidan" hänger samman med att det i gränsskiktet mellan P- och N-materialen uppstår en spänningsbarriär, ett s. k. *spärrskikt*. Se fig. 11.1 b. Denna spänningsbarriär orsakas av att när gränsområdet plundras på fria laddningsbärare, kommer atomerna på P-sidan i

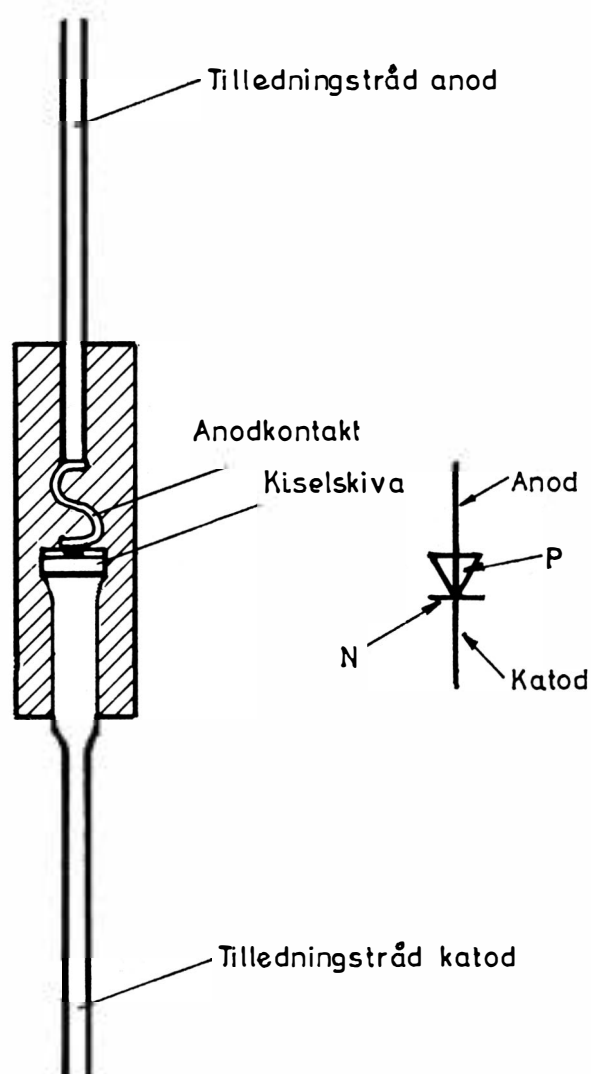
detta gränsskikt att få ett överskott av negativ laddning, under det att atomerna på N-sidan i skiktet får ett överskott av positiv laddning.

Halvledardiodens verkningsätt är baserat på den omständigheten att spänningsbarriärens höjd i spärrskiktet kan påverkas av en yttre pålagd spänning.

Så ser halvledardioden ut inuti

Innan vi går in på halvledardiodens verkningsätt skall vi se på hur dioderna är utformade. Utgångsmaterialet är vanligtvis en N-ledande liten kiselskiva i vilken man genom en s. k. diffusionsprocess infört störrämnin så att ett P-område ligger inbakat i N-området. (Fig. 11.2. Jfr också fig. 11.1 a och b som visar den lilla kiselskivan i genomskärning). Från N- resp. P-området är tillledningstrådar anbringade.

Fig. 11.2 Den principiella utformningen av en halvledardiod av småsignaltyp.



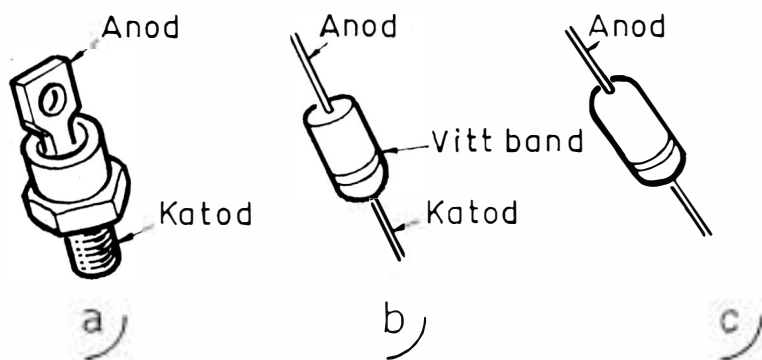


Fig. 11.3 Några olika utförandeformer av halvledardioder.



Fig. 11.4 Den allmänna schemasymbolen för halvledardioden.

Kiselskivan, som endast är någon mm^2 i omfång, gjuts när det gäller halvledardioder för liten effekt tillsammans med tillledningstrådarna in i plast. Dioder av detta slag påminner därför om små stavmotstånd. (Fig. 11.3 b och c.)

Halvledardioder för större effekt har ofta ett hölje av metall. (Fig. 11.3 a.)

De två tillledningstrådarna till halvledardioden benämns anod- resp. katodtillledning. Anodtillledningen går till P-området, katoden till N-området. Se fig. 11.5 a och b.

Halvledardiodens allmänna symbol visas i fig. 11.4.

Om man på en sådan halvledardiod anlägger en spänning med polaritet så som visas i fig. 11.5 a, kommer negativa laddningsbärare i N-området att attraheras mot den positivt förspända änden av halvledarmaterialet, och de positiva laddningsbärarna i P-området kommer att dras mot den sida av halvledarmaterialet där minuspolen anslutits. I detta läge kommer sålunda ytterligare laddningsbärare att dras från gränsområdet mellan de två halvledarmaterialen, och det är uppenbart att ytterligare atomer i P- och N-material i gränsskiktet nu berövas sina fria laddningsbärare. Det betyder att spärrskiktets bredd ökar. Samtidigt kommer spänningsbarriären i detta skikt att höjas så

att negativa laddningsbärare från N-skiktet får ännu svårare att ta sig över till P-skiktet och omvänt. Halvledardioden är nu förspänd i *backriktningen*, och någon ström kan inte uppträda genom dioden som nu sägs vara *spärrad*.

Vänder man på strömkällans polaritet (fig. 11.5 b), kommer förhållandena att ändras. Den yttre spänningskällans spänning blir nu motsatt riktad mot den i spärrskiktet inbyggda spänningsbarriären.

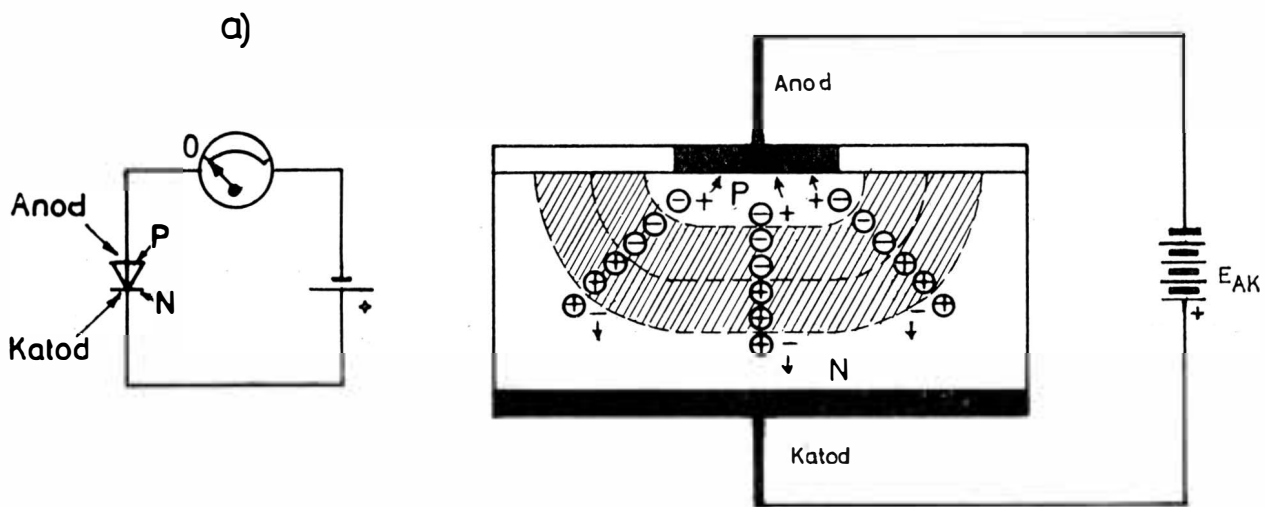


Fig. 11.5 a) Om man ansluter en yttre spänningskälla med pluspolen till N-typ-materialet och minuspolen till P-typ-materialet vidgas spärrskiktets bredd. Ingen ström passerar dioden.

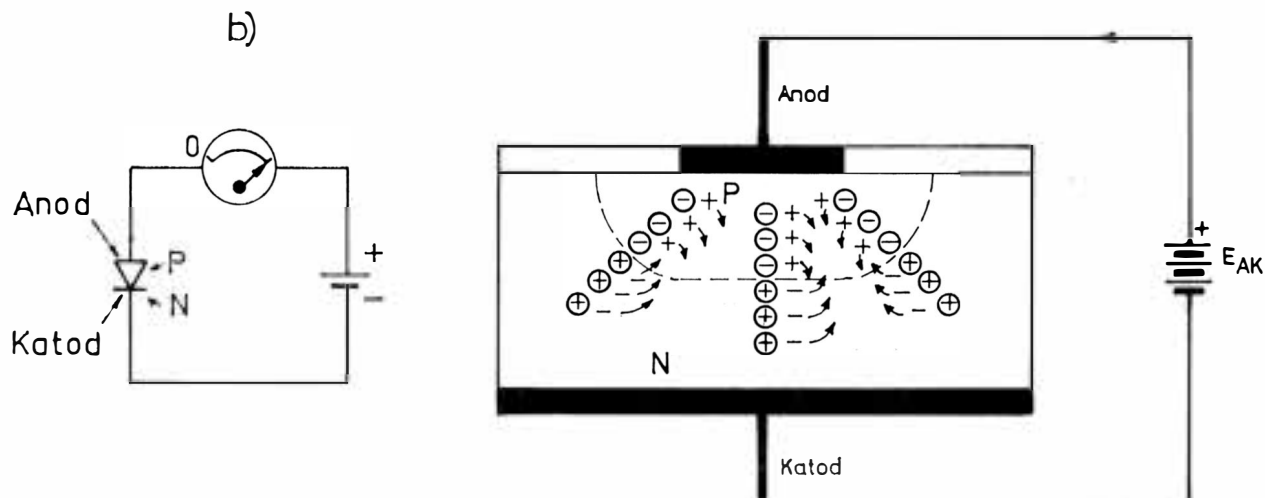


Fig. 11.5 b) Om man ansluter den yttre spänningskällans minuspol till N-typ-materialet och pluspolen till P-typ-materialet minskas spärrskiktet eller elimineras helt. Ström passerar då dioden som blir ledande.

Spärrskiktets bredd kommer nu att minska genom att de positiva laddningsbärarna i P-området och de negativa laddningsbärarna i N-området kommer att dras mot spärrskiktet så att dettas bredd minskas.

När yttre spänningskällans spänning ökas så att den överstiger den i spärrskiktet inbyggda spänningsbarriären, kommer laddningsbärarna att obehindrat passera över spärrskiktet, och man får nu en kraftig ström genom dioden. En halvledardiod släpper sålunda fram ström i ena riktningen, "framriktningen", men spärrar i den andra, "backriktningen". Den fungerar sålunda som en elektrisk ventil.

Vad används halvledardioder till?

Halvledardioder används i mycket stor utsträckning inom radiotekniken och elektroniken. Man använder framför allt diodens ventilverkan för att likrikta växelspanning för att t. ex. få likspänning från växelspanningsnätet. Halvledardioder används också för att skydda strömkretsar mot överspänningar. En viktig användning för halvledardioden är som demodulator av signalspänningar.

Halvledarkondensatorer

Halvledardioder uppvisar alltid en viss kapacitans mellan de två halvledarmaterial som dioden är uppbyggd av. Spärrskiktet, som berövats sina fria laddningsbärare, fungerar som ett isolationsmaterial. N-området och P-området fungerar som kondensatorplattor och spärrskiktet fungerar som ett isolerande mellanlägg mellan kondensatorplattorna. (Fig. 11.6.)

Alla halvledardioder fungerar därför i princip som en kondensator, men genom speciell utformning av dioden kan kapacitansen i spärrskiktet ökas. Halvledardioder med stor spärrskiktskapacitans benämns ofta *kapacitansdioder*, men man skulle lika gärna kunna kalla dem för halvledarkondensatorer. De kapacitansvärden som kan erhållas i sådana halvledarkondensatorer sträcker sig från några få pF upp till några tusen pF.

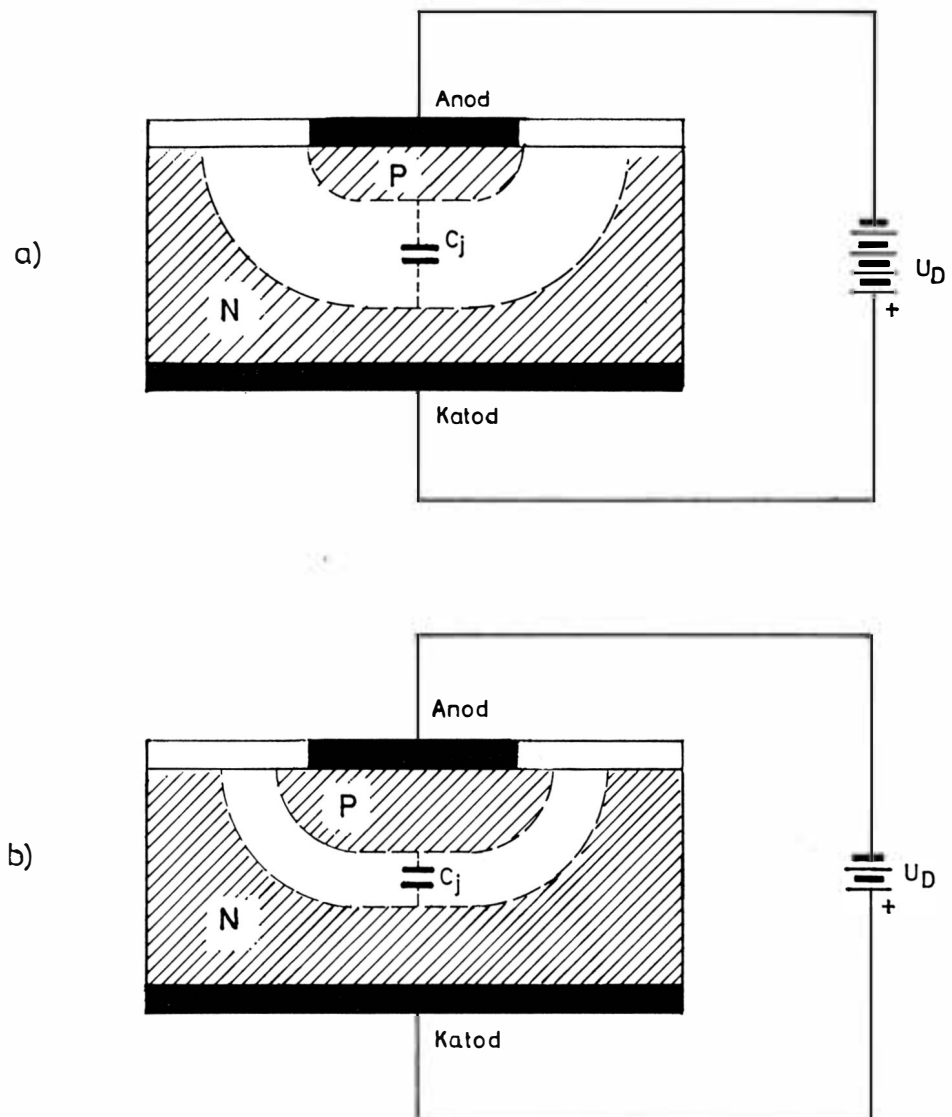


Fig. 11.6 a) En kiseldiod förspänd i backriktningen uppvisar en kapacitans C_j som bestäms av spärrskiktets bredd. b) Genom att man minskar förspänningens storlek minskar spärrskiktets bredd och därmed ökar kapacitansen.

Vid genomgången av verknings sättet för halvledardiode nändes att diodens spärrskikt är beroende av den pålagda spänningen i backriktningen. Det visades att ju högre spärrspänningen är, desto bredare blir spärrskiktet och vice versa. Därmed kan man uppenbarligen variera kapacitansen mellan anod och katod genom att helt enkelt lägga



Fig. 11.7 Schemasymbolen för zenerdiod.

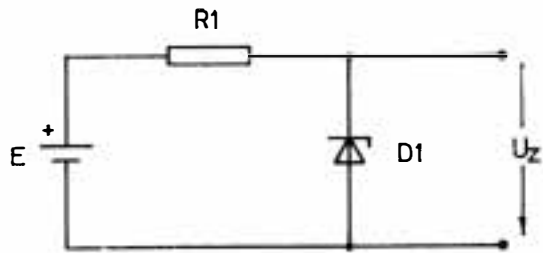


Fig. 11.8 Stabiliseringskoppling med zenerdiod. Utspänningen U_{ut} blir = zenerspänningen U_z för zenerdioden.

en spärrspänning av varierande storlek på dioden. Vi får på det sättet alltså en variabel halvledarkondensator som direkt kan ersätta den mekaniska variabla kondensatorn. Förspänning till den variabla halvledarkondensatorn kan man exempelvis variera med en potentiometer så som visades i fig. 7.13.

Fördelen med en halvledarkondensator är att den har ytterst små dimensioner och att den potentiometer med vars hjälp förspänningen skall varieras kan placeras skild från kondensatorn. Man kan t. ex. fjärrmanövrera en avstämningskrets i en radiomottagare.

Zenerdioder

En speciell typ av halvledardioder är den s. k. zenerdioden, som har den egenskapen att om den förspänns över en viss spänning i backriktningen, uppstår det ett "genombrott" av laddningsbärare, så att spänningen över dioden inte kan överstiga denna spänning. Strömmen genom zenerdioden ökar nämligen lavinartat, om spänningen överstiger den s. k. zenerspänningen med endast några mV. Zenerdioden, vars schemasymbol visas i fig. 11.7, används därför för att stabilisera spänningar, varvid en koppling med ett seriemotstånd enligt fig. 11.8 används.

12. Om transformatorer

och hur de transformerar spänningar och impedanser handlar detta kapitel, som utgör nyttig läsning för den som vill skaffa sig lite mera teoretiska kunskaper i ämnet radioteknik.

En transformator består i princip av två induktansspolar, placerade så tätt intill varandra att magnetfältet som alstras av den ena spolen även passerar genom den andra. Fig. 12.1. Man säger att de två induktansspolarna är *kopplade* till varandra och man talar i det sammanhanget om induktivt kopplade kretsar. Detta, att de två induktansspolarna är induktivt kopplade, betyder att man kan överföra energi från ena spolen till den andra. Energin överförs via det magnetfält som de har gemensamt.

Man brukar benämna de två spolarna i en transformator *primärlindning* resp. *sekundärlindning*. Primärlindningen är den spole som ansluts till den strömkälla varifrån man tillför energi, sekundärlindningen är den spole som ansluts till "belastningskretsen".

Det finns transformatorer som huvudsakligen är avsedda för lågfrekvens. De kallas lågfrekvenstransformatorer (förkortas LF-transformatorer). De har i allmänhet järnkärna, bestående av en lamellerad kärna av inbördes isolerade järnplåtar (plåtklipp), som leder och koncentrerar det magnetiska fältet och gör att man får en mycket fast induktiv koppling mellan primär- och sekundärlindning. Fig. 12.2 och 12.3 visar det principiella utförandet hos en transformator av detta slag.

Man har också transformatorer som är avsedda att arbeta vid högfrekvens, HF-transformatorer. Sådana transformatorer kan vara luftlindade eller man kan ha järnpulverkärna i dem. Fig. 12.4 a.

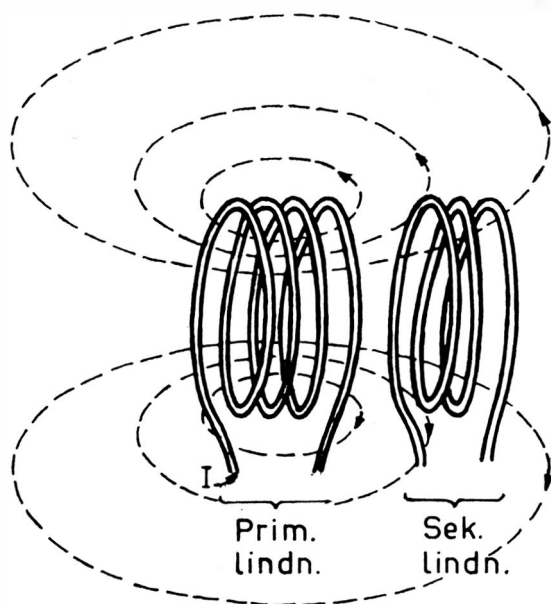


Fig. 12.1 Principen för en transformator.

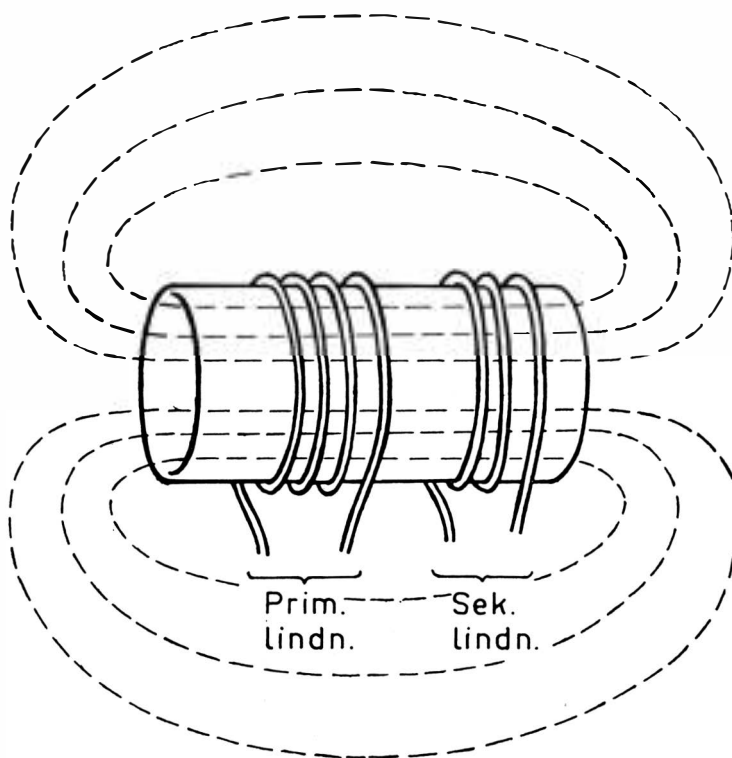


Fig. 12.2 Om man anbringar en kärna av magnetiskt mjukt material i det inre av lindningarna i en transformator kommer praktiskt taget hela det av primärlindningen alstrade magnetfältet att passera genom sekundärlindningen. Mindre läckfält = fastare koppling uppnås härigenom.

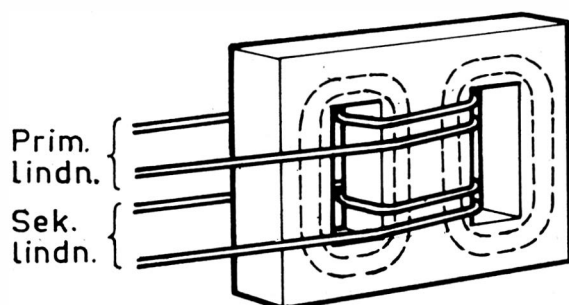


Fig. 12.3 Vid lågfrekvens brukar man anordna en järnkärna på detta sätt. Järnkärnan består av ett antal "plåtklipp" som träas in i primär- resp. sekundärlindningen.

HF-transformatorer har ofta spolarna på primär- och sekundärsidan avstämde till samma resonansfrekvens med hjälp av kondensatorer, kopplade över resp. lindningar. Om spolarna är belägna tätt intill varandra fungerar HF-transformatorn som två avstämde kretsar i parallell.

Varvtalsomsättningen

Typiskt för alla slag av transformatorer är att man genom lämpligt val av varvtalen i primär- resp. sekundärlindning kan transformera växelströmmar, växelspänningar och impedanser¹ på godtyckligt sätt.

¹ Se fotnot på s. 155.

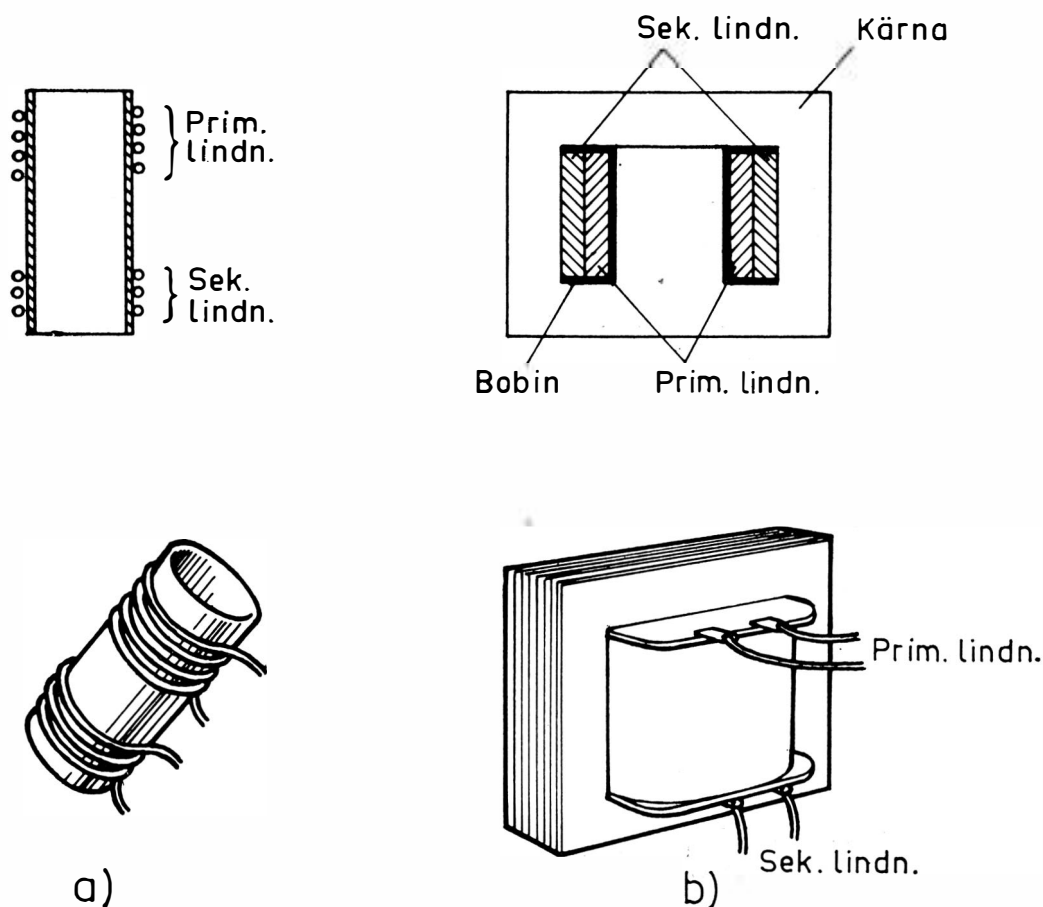


Fig. 12.4 Olika typer av transformatorer. a) luftlindad spole med spolstomme; b) transformator för lågfrekvens, lindad på bobin och försedd med lamellerad kärna bestående av plåtklipp som sticks in i bobinen.

Man har i det sammanhanget infört begreppet *varvtalsomsättning*. Varvtalsomsättningen är = antalet lindningsvarv i primärlindningen n_1 dividerat med antalet varv i sekundärlindningen n_2 . Om exempelvis antalet varv i primärlindningen är 1 000 och i sekundärlindningen 100, är varvtalsomsättningen $n_1 : n_2 = 1\,000 : 100 = 10$. Fig. 12.5.

Om man över primärlindningen på en transformator påför en viss spänning U_1 blir den spänning som man får på sekundärsidan $= U_1$ dividerad med varvtalsomsättningen ($n_1 : n_2$), eller, vilket är detsamma, U_1 multiplicerat med inverterade värdet av varvtalsomsättningen ($= n_2 : n_1$). Har man exempelvis 1 volt över primärlindningen i en transformator, i vilken antalet varv i primärlindningen är 10 gånger större än antalet varv i sekundärlindningen, är varvtalsomsättningen $= 10$. Inverterade värdet av varvtalsomsättningen är då $n_2 : n_1 = 1 : 10 = 0,1$. Spänningen över sekundärlindningen blir då $= 0,1$ V. Om man i stället har 10 gånger så många varv på sekundärlindningen som på primärlindningen blir varvtalsomsättningen $n_1 : n_2 = 1 : 10 = 0,1$. Inverterade värdet av varvtalsomsättningen är då $n_2 : n_1 = 10$. Med 1 V över primärlindningen skulle man då få $= 10$ V över sekundärlindningens klämmor. Fig. 12.5.

Denna möjlighet att transformera upp eller transformera ner en spänning utnyttjas bl. a. i nättransformatorer. En sådan har ju till

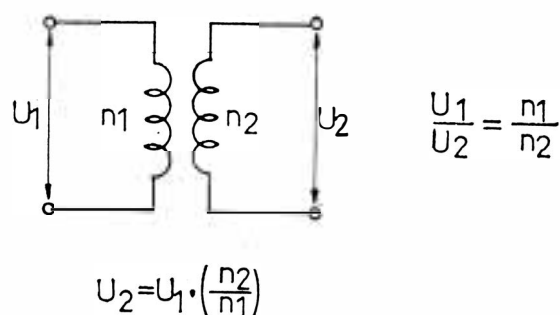


Fig. 12.5 Varvtalsomsättningen för en transformator ($n_1 : n_2$) ger direkt förhållandet mellan spänningarna över transformatorns primär- och sekundärlindning $U_1 : U_2$. Alltså $U_1/U_2 = n_1/n_2$. Därav får man $U_2 = U_1 : (n_1/n_2)$ eller $U_2 = U_1 \cdot n_2/n_1$.

uppgift att omtransformera nätspänningen till lämplig arbetsspänning.

Exempel: Antalet primärvarv i en nättransformator för 220 V nätspänning är 3 000. Transformatorn har en sekundärlindning för 22 V. Hur många varv är det i sekundärlindningen? Eftersom varvtalsomsättningen är = spänningsomsättningen blir antalet varv i sekundärlindningen $(22 : 220) \cdot 3\,000 = 300$.

Impedansomsättning

En annan betydelsefull egenskap hos en transformator är att den kan användas för att transformera upp eller transformera ner en impedans¹, praktiskt taget på godtyckligt sätt. Denna impedanstransformering innebär följande: om en impedans, exempelvis en resistans, ansluts över en transformators sekundärlindning, kommer man parallellt över transformatorns primärlindning att kunna mäta upp denna resistans, fastän omtransformerad till ett annat resistansvärde. Vad som ansluts på transformatorns sekundärlindning uppträder genast, men i omtransformerad form, över transformatorns primärlindning.

Denna transformering av impedanser benämns *impedanstransformering* eller *impedansomsättning*. Impedansomsättningen i en transformator är beroende av varvtalet i primär- resp. sekundärlindningarna och är = kvadraten på varvtalsomsättningen $n_1 : n_2$. Om exempelvis antalet varv i primärlindningen (n_1) är 1 000 och i sekundärlindningen (n_2) 100 är varvtalsomsättningen $n_1 : n_2 = 1\,000 : 100 = 10$ och impedansomsättningen $= (n_1 : n_2)^2 = 10 \cdot 10 = 100$. I tab. 12.1 an-

¹ Med impedans menas "växelströmsmotståndet" i en krets med både reaktans och resistans. Impedans mätes i ohm. Om kretsens resistans är = 0 är impedansen = reaktansen i kretsen, är kretsens reaktans = 0 är impedansen = resistansen. Mera om impedans i John Schröder: *Elektronikens grunder del I*. Norstedts 1971.

Tab. 12.1 Sambandet mellan impedansomsättning och varvtalsomsättning i transformator.

Impedans- omsättning $(n_1:n_2)^2$	Varvtals- omsättning $n_1:n_2$
1 : 10 000	1 : 100
1 : 5 000	1 : 70,8
1 : 2 000	1 : 44,8
1 : 1 500	1 : 38,8
1 : 1 000	1 : 31,6
1 : 500	1 : 22,3
1 : 200	1 : 14,1
1 : 150	1 : 12,2
1 : 100	1 : 10
1 : 50	1 : 7,08
1 : 20	1 : 4,48
1 : 15	1 : 3,88
1 : 10	1 : 3,16
1 : 5	1 : 2,23
1 : 2	1 : 1,41
1 : 1,5	1 : 1,22
1 : 1	1 : 1
1,5 : 1	1,22 : 1
2 : 1	1,41 : 1
5 : 1	2,23 : 1
10 : 1	3,16 : 1
15 : 1	3,88 : 1
20 : 1	4,48 : 1
50 : 1	7,08 : 1
100 : 1	10 : 1
150 : 1	12,2 : 1
200 : 1	14,1 : 1
500 : 1	22,3 : 1
1 000 : 1	31,6 : 1
1 500 : 1	38,8 : 1
2 000 : 1	44,8 : 1
5 000 : 1	70,8 : 1
10 000 : 1	100 : 1

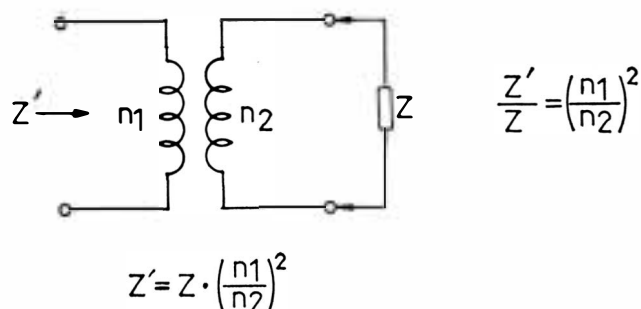
ges sambandet mellan varvtals- och impedansomsättning. Om man över sekundärlindningen på en transformator ansluter en viss impedans, Z , blir den impedans Z' som man då mäter upp över primärlindningen = impedansen Z multiplicerad med impedansomsättningen $(n_1 : n_2)^2$. Fig. 12.6.

Låt oss göra detta klart med ett par exempel:

Exempel: Om man över sekundärlindningen på en transformator med varvtalsomsättningen 1 (dvs. om antalet varv i primärlindningen och sekundärlindningen är lika stort) ansluter en impedans på 1 ohm, vilken impedans kan man då uppmäta över transformatorns primärlindning? Svaret är att enär impedansomsättningen är 1 i transformatorn blir den impedans man uppmäter över primärlindningen = $1 \cdot 1 = 1$ ohm.

Skulle man i stället ha varvtalsomsättningen 1 : 10, dvs. 10 ggr flera varv på sekundärlindningen än på primärlindningen, är impedansomsättningen = 0,01. Den impedans som man mäter upp över primärlindningen när 1 ohm är ansluten över sekundärlindningen är då $1 \cdot 0,01 = 0,01$ ohm. Vänder man nu transformatorn så att man ansluter 1-ohmsmotståndet över primärlindningen och mäter över sekundärlindningen kommer lindningarna att byta funktioner, dvs. den tidigare primärlindningen blir nu sekundärlindning

Fig. 12.6 Impedansomsättningen för en transformator $(n_1 : n_2)^2$ ger direkt förhållandet mellan den över primärlindningen uppmätta impedansen Z' och den över sekundärlindningen anslutna impedansen = Z . Alltså $Z'/Z = (n_1/n_2)^2$. Därav får man $Z' = (n_1/n_2)^2 \cdot Z$.



och varvtalsomsättningen är nu 10 och impedansomsättningen $10 \cdot 10 = 100$. I detta fall blir den impedans som man mäter över den mångvarviga primärlindningen $100 \cdot 1 = 100$ ohm.

Anpassning

I detta sammanhang är det nödvändigt att tala om begreppet anpassning. Vilka slags strömkällor det än är fråga om (man kan exempelvis betrakta en antenn som signalströmkälla, likaså ett förstärkarsteg med en eller flera transistorer) gäller att man kan ta ut maximum effekt från strömkällan endast under förutsättning att man förbrukar effekten i ett motstånd som har en resistans = inre resistansen i strömkällan.

Vi kan visa detta med ett enkelt räkneexempel.

Antag att ett batteri har 1 ohms inre resistans och en polspänning = 1 V. Ansluter man en resistans = 10 ohm över detta batteri blir spänningen över belastningsresistansen $10/11 = 0,91$ V, strömmen blir $1/11 = 0,091$ A, dvs. uttagen effekt blir $0,91 \cdot 0,091 \approx 0,083$ W. Ansluts i stället en resistans = 1 ohm över batteriet blir spänningen över belastningsresistansen 0,5 V och strömmen 0,5 A, dvs. uttagen effekt blir nu 0,25 W. Om slutligen 0,1 ohm ansluts över batteriet blir spänningen 0,091 V och strömmen 0,91 A, dvs. effekten 0,083 W. Tydligen uppnås max. effektuttag endast vid *anpassning*, dvs. då belastningsresistansen är = inre resistansen i strömkällan.

Exempel: En transformator med 4 ohms högtalare ansluten över sekundärlindningen skall anslutas för maximalt effektuttag till en strömkälla med inre resistansen 4 000 ohm. Vilken varvtalsomsättning skall väljas på anpassningstransformatorn? Eftersom 4 ohm skall upptransformeras till 4 000 ohm för att man skall få anpassning till strömkällan blir impedansomsättningen $4\,000 : 4 = 1\,000$. Detta motsvarar enligt tab. 12.1 en varvtalsomsättning 31,6 : 1. Har man alltså exempelvis 100 varv på sekundärlindningen blir antalet varv på primärlindningen $31,6 \cdot 100 = 3\,160$.

Genom så enkla kalkyler som här antytts kan man alltså bestämma förhållandet mellan varvtalen i en transformator. När det sedan gäller att bestämma *antalet* varv och eventuellt järnkärnans area blir det genast mera komplicerat, bl. a. får man då ta hänsyn till den effekt som skall överföras. Även induktansen hos lindningarna spelar in vid dimensioneringen, som omfattar ett relativt invecklat beräkningsarbete.¹ Hur man utför överslagsberäkningar av detta slag för induktansspolar utan järnkärna har vi redan genomgått i kap. 9.

Impedansomsättningen är även tillämpbar på reaktanser som ansluts till en transformator. I fig. 12.7 b är en kondensator C med reaktansen 100 ohm ansluten till sekundärlindningen till en transformator med varvtalsomsättningen 10 (antalet varv 10 ggr större i primärlindningen än i sekundärlindningen). Sett över primärlindningen kan man nu mäta upp en reaktans som är $10 \cdot 10 \cdot 100 = 10\,000$ ohm, dvs. 100 ggr större. Detta motsvarar ju en kondensator som är 100 ggr mindre, kapacitansvärdet har alltså i detta fall skenbart *minskat* till en hundraedel. När det gäller kondensatorer skall man sålunda multiplicera kapacitansvärdet för den på sekundärlindningen anslutna kondensatorn med inverterade värdet av impedansomsättningen för

¹ Se John Schröder: *Elektronikens grunder del 1*. Norstedts 1971.

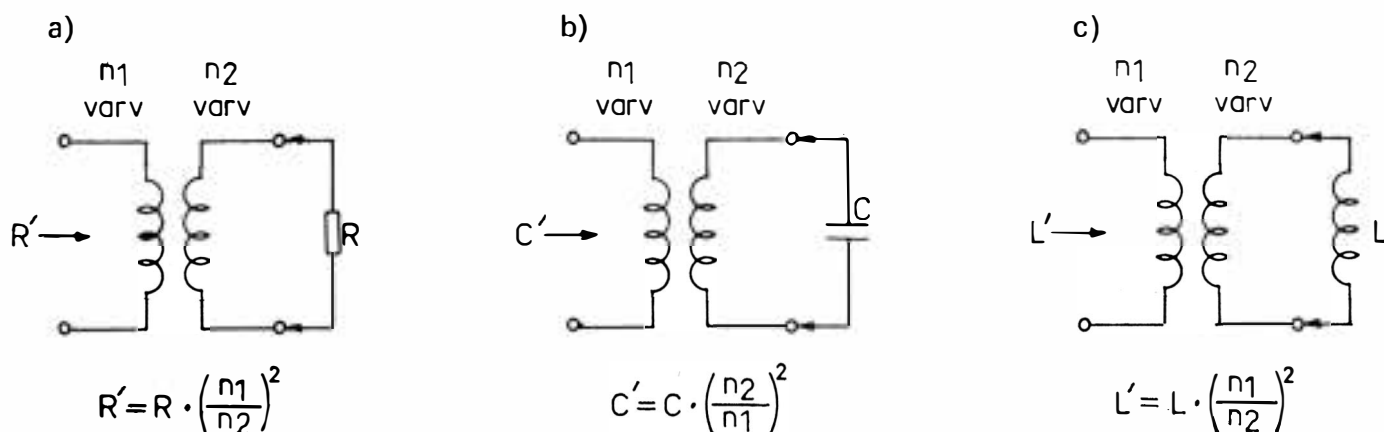


Fig. 12.7 Exempel på impedansomsättning i transformator. Se texten.

att få det över primärlindningen uppträdande kondensatorvärdet C' . Man skall alltså multiplicera med $(n_2 : n_1)^2$.

På samma sätt kan en induktiv reaktans transformeras med en transformator. Om man i det nyss anförda exemplet i stället för kondensator inkopplar en induktansspole kommer även induktansens reaktans mätt från primärlindningen att ha ökat 100 gånger, det betyder emellertid att induktansvärdet i detta fall skenbart har *ökat* 100 gånger. Se fig. 12.7 c. När det gäller induktanser skall man sålunda multiplicera induktansvärdet för den på sekundärsidan anslutna induktansen med impedansomsättningen för att få det över primärlindningen uppträdande induktansvärdet L' . Samma sak gäller också resistanser. Se fig. 12.7 a.

Med transformatorer kan man på detta sätt omtransformera en induktans eller kapacitans till ett högre eller lägre värde. Man kan exempelvis ansluta en antenn med hög kapacitans till en avstämningskrets via en HF-transformator, så att antennkapacitansen inte inverkar störande på den avstämda kretsen. Man kan också med samma metod se till att den låga ingångsresistans som en transistor uppvisar inte verkar dämpande på en avstämd krets.

I detta sammanhang kan nämnas att det ingalunda är nödvändigt med skilda primär- och sekundärlindningar i en transformator; man kan mycket väl genom att göra uttag på en enda lindning få en transformator med delvis gemensam lindning. Fig. 12.8. En sådan är

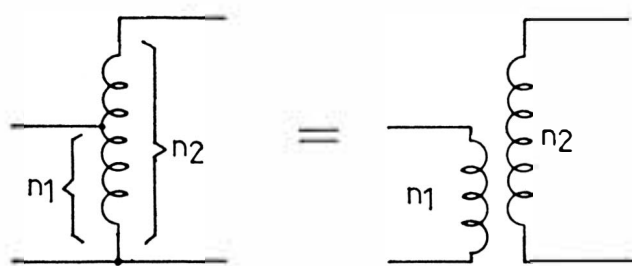


Fig. 12.8 En transformator kan utformas som en s. k. spartransformator genom att man delvis utnyttjar samma lindningsvarv i såväl primär- som sekundärlindning. En sådan transformator kan i stort sett behandlas och användas som en fulltransformator med två separata lindningar.

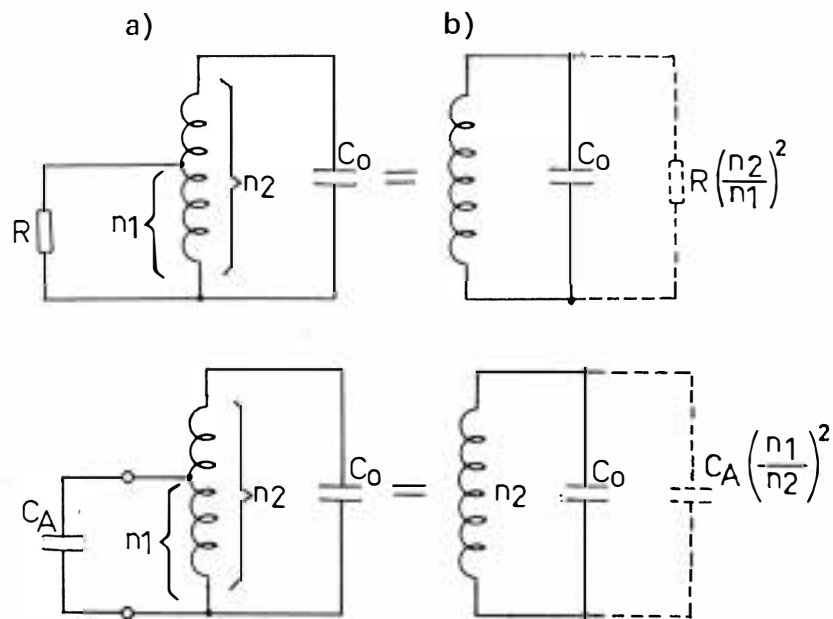


Fig. 12.9 Exempel på impedanstransformering med hjälp av spartransformator, som samtidigt fungerar som avstämd krets.

i stort sett ekvivalent med en transformator med två lindningar.

Har man en sådan transformator i vilken man gjort uttag efter $1/10$ av totala antalet varv i den gemensamma lindningen får man en s. k. spartransformator som fungerar på samma sätt som om man hade en transformator med två lindningar. Primärlindningen omfattar i detta fall $1/10$ av sekundärlindningens varvtal = totala antalet varv, varvtalsomsättningen är alltså $0,1$ och impedansomsättningen $0,01$. Exempel på ett par impedanstransformeringar med spartransformator visas i fig. 12.9 a och b.

Exempel 1: En avstämningsskrets skall anslutas till en HF-transistor med ingångsresistans $= 1 \text{ kohm}$. Transistorn får belasta avstämda kretsen med en parallellresistans $= 50 \text{ kohm}$. Impedansomsättningen skall tydligen vara $1 : 50$, vilket svarar mot varvtalsomsättning $1 : 7,08$, det betyder att om antalet varv i avstämningsskretsens spole är 100 får man ansluta transistorn över ett uttag efter 14 varv. Jfr fig. 12.9 a.

Exempel 2: En antenn med kapacitansen 500 pF skall anslutas till en avstämd krets, men den intransformerade kapacitansen får inte uppgå till mer än 50 pF. Hur skall kretsen dimensioneras? Impedansomsättningen skall tydligen vara 1 : 10 och varvtalsomsättningen 1 : 3,16. Om antalet varv i avstämningsspolen är 100 skall man göra uttag efter 32 varv, där kan antennen anslutas. Jfr fig. 12.9 b.

Det bör kanske slutligen nämnas att de enkla räkneexempel som här genomgåtts har förutsatt ideella transformatorer med bl. a. försumbar läckning. Noggrannare beräkningar blir åtskilligt mera komplicerade. Men för en amatör är överslagsberäkningar av antytt slag fullt tillfyllest.

13. Vi bygger en enkel lokalmottagare

och får därmed pröva de teoretiska kunskaper vi förvärvat oss i de föregående kapitlen.

Nu kan det vara dags att äntligen börja tillämpa de kunskaper om verktyg, lödning och komponenter som vi bibringats i de föregående kapitlen. Vi skall göra det genom att bygga en enkel mottagare som vi kan använda för att ta emot en närbelägen lokalsändare.

Vi tittar först ett slag på det enkla principschemat för mottagaren i fig. 13.1. T. v. ser vi här en avstämningsskrets, bestående av en induktansspole L_1 , som vi kan beräkna enligt anvisningarna i kap. 9. Kretsen avstäms med en vridkondensator, C_v . Till induktansspolen L_1 är induktivt kopplad ytterligare en spole L_2 , och till L_2 är kopplad en halvledardiod D_1 i serie med en kondensator C_4 . Parallellt över C_4 ansluts en hörtelefon. Antennen ansluts via en kondensator C_1 direkt till avstämningsskretsen $L_1 + C_v$. Jord ansluts till avstämningsskretsens andra sida. Hur antenn och jordledning kan anordnas genomgås i kap. 14.

Hur fungerar apparaten?

Mellan antenn och jord uppstår det — såsom vi gick igenom i kap. 5 — radiofrekventa signalspänningar av olika frekvenser. De alstras av radiovågorna från de sändare som når vår antenn. Det är ett veritabelt myller av signaler från radiosändare i antennen, signaler från närbelägna och avlägsna sändare, starka och svaga signaler om vartannat. För att vi skall kunna skilja de många stationerna åt för vi

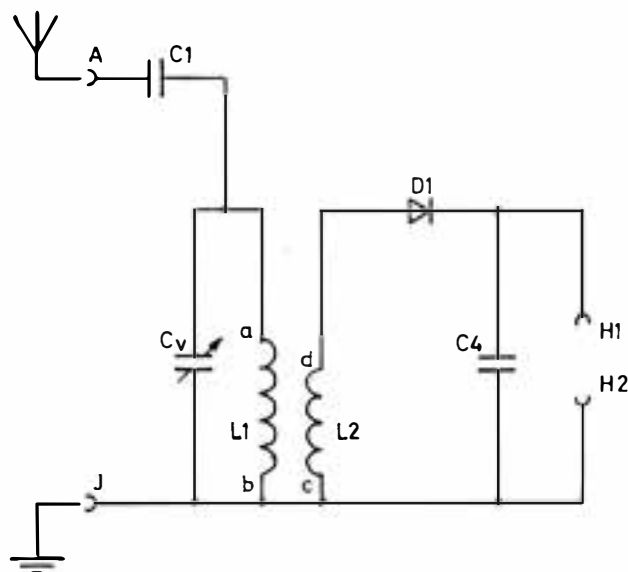


Fig. 13.1 Principschema för enkel lokal mottagare för mellanvågsbandet (550–1 450 kHz). Den motsvarar de kristallmottagare som var vanliga på 1920-talet.

Stycklista för lokalmottagare

C1 = 100 pF, ker. 100V

C4 = 10 nF, ker. 100V

Cv = 0–400 pF variabel kondensator med glimmerisolering

D1 = diod, germanium för signallikriktning HF.

Ex AA112, AA117, AA134

1 st. universalkretskort CC12

Modulchassienheter:

1 st. bottenplåt aluminium 1,5 mm med uppvikta kanter 20×10 cm

1 st. frontpanel 5×20 cm, aluminium 1,5 mm

1 st. bakpanel 4×20 cm, aluminium 1,5 mm

4 st. bananhylsor för isolerat montage

8 st. plåtskruvar

1 spolstomme, pertinax, 15 mm diam. 55 mm lång

2 fiberbrickor 1,5 mm inre diam. 15 mm, yttre diam. 20 mm

13 m lackerad koppartråd 0,20 mm

2 dm förtent koppartråd blank 0,7 mm

2 m kopplingstråd, plastisolerad, förtent 0,5 mm

Ratt för 6 mm axel

Diverse

dessa spänningar till avstämningsskretsen $L1 + C_v$, som ger resonans endast vid en viss frekvens, resonansfrekvensen, i detta fall till stationens frekvens. Det är därför vi har en vridkondensator C_v i avstämningsskretsen; det är med den vi ändrar resonansfrekvensen hos avstämningsskretsen till en frekvens som överensstämmer med frekvensen hos den sändare som vi önskar avlyssna.

Den önskade signalfrekvensen överförs via transformatorn $L1 + L2$ till en diod $D1$ som släpper fram endast ena halvperioden av signalspänningen genom laddningskondensatorn $C4$. Den på så sätt likriktade signalspänningen påförs en hörtelefon som när den ansluts till uttagen $H1$ och $H2$ kopplas parallellt över laddningskondensatorn $C4$.

På den signalspänning som man får från en ljudradiosändare är "inmodulerade" svängningar som motsvarar tonerna i det tal- eller musikprogram som överförs. (Fig. 13.2.) Att dessa tonfrekventa svängningar är inmodulerade på den mottagna radiofrekventa signalspänningen betyder att denna signalspänning varierar i takt med tonsvängningarna. (Fig. 13.2 b och c.)

Genom att vi nu för den modulerade signalspänningen till halvledardioden kommer denna — så som visas i kap. 11 — att likrikta signalspänningen, och man får på så sätt fram en spänning som pulserar i takt med de inmodulerade tonsvängningarna. Kondensatorn $C4$ inverkar utjämnande på den pulserande spänningen så att den får det utseende som visas i fig. 13.2 e (heldragen vågform). Denna s. k. demodulerade spänning blir hörbar i hörtelefonen och motsvarar de ljudsvängningar som ingår i det program som utsänds från sändaren.

Anledningen till att avstämningsskretsens spole $L1$ är försedd med en sekundärlindning $L2$ till dioden $D1$ är att hörtelefonen, som har 2 000 ohms resistans och som via dioden $D1$ ansluts till spolen $L2$, inte skall försämma godhetstalet, "Q-värdet", hos avstämningsskretsen för mycket. (Se kap. 10.)

Kretsens resonansresistans är Q -värdet gånger reaktansen för av-

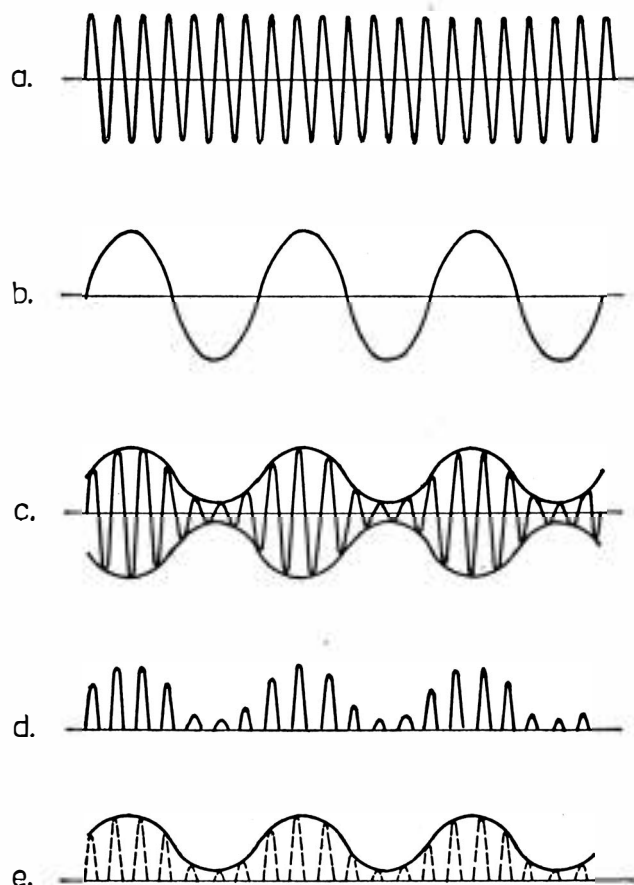


Fig. 13.2 a) Den omodulerade radiofrekventa signalspänningen (bärvågen) från sändaren. b) Tonfrekvent spänning från mikrofonen på sändarsidan. c) Den tonfrekventa spänningen, inmodulerad på sändarens bärvåg. Den modulerade bärvågen kommer in som signalspänning på mottagarens ingång. d) Av dioden i kristallmottagaren likriktad signalspänning. Endast positiva topparna släpps fram. e) Den pulserande spänningen i d) utjämnas med en laddningskondensator (C4) i mottagaren.

stämningsskretsens kondensator. Om vi antar att C_v står inställd på 300 pF, motsvarar detta en reaktans av ca 500 ohm vid 1 MHz. Med ett Q -värde av 18 hos kretsen har man en resonansresistans av $18 \times 500 = 9\,000$ ohm. Genom att upptransformera diodkretsen som är ansluten till L_2 med en varvtalsomsättning 1 : 3 erhåller man en impedansomsättning 1 : 9 och hörtelefonens 2 000 ohm blir upptransformerade till $9 \times 2\,000 = 18\,000$ ohm. Genom diodens likriktande verkan blir i själva verket belastningen på spolen L_2 ungefär hälften av likströmsresistansen i kretsen, dvs. man får en belastning av $9 \times 1\,000 = 9\,000$ ohm över den avstämda kretsen. Därmed får vi maximal effektöverföring till hörtelefonen. Genom denna extra belastning minskar samtidigt kretsens Q -värde till hälften, det minskar

från 18 till 9. Det betyder att mottagarens selektivitet minskar till hälften.

Mottagarens selektivitet

Med selektivitet hos en mottagare menas mottagarens förmåga att särskilja i frekvens närbelägna sändarstationer från varandra. Ju större selektivitet en mottagare har, desto effektivare sker denna särskiljning och ju tätare kan sändarstationerna ligga på skalan utan att de kommer in samtidigt och "pratar i munnen på varandra". I fig. 13.3 visas en s.k. resonanskurva för en mottagare inställd dels på frekvensen 750 kHz (heldragen kurva), dels på frekvensen 800 kHz (streckad kurva).

Vi antar att det finns tre stationer, en på 700 kHz, en på 750 kHz och en på 800 kHz. Stationerna antas ge upphov till lika stor signalspänning i antennen. När mottagaren är inställd på 750 kHz kommer sändaren på 750 kHz in med en styrka som motsvarar längden på stapeln A, under det att sändarna på 700 kHz och 800 kHz kommer in med en styrka som representeras av stapeln B resp. C. Som synes kommer stationerna vid 700 kHz och 800 kHz in med lägre styrka än den på 750 kHz, till vilken frekvens mottagaren ju är avstämmd.

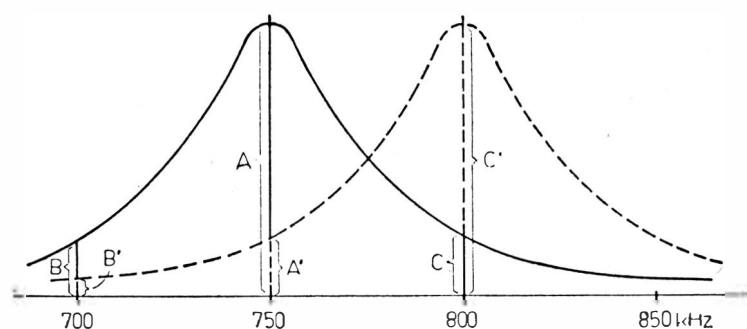


Fig. 13.3 Denna fig. visar mottagarens resonanskurva då mottagaren är avstämmd till olika stationer. Heldragna kurvan visar mottagaren inställd på frekvensen 750 kHz. Streckade kurvan visar mottagaren inställd på frekvensen 800 kHz.

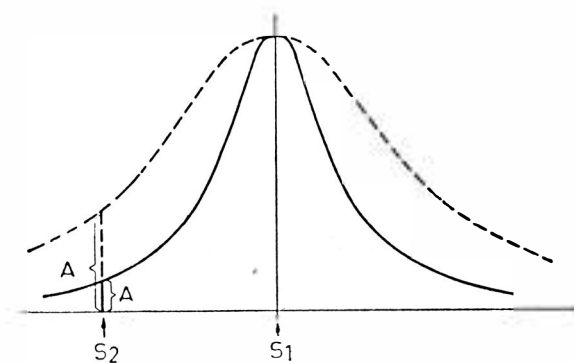


Fig. 13.4 Dessa kurvor visar hur man med mottagaren inställd på en viss station, S_1 , kan bättre undertrycka en närbelägen sändare, S_2 , genom att öka mottagarens selektivitet. Streckad kurva: dålig selektivitet, heldragen kurva: god selektivitet.

Om vi vrider avstämningskondensatorn så att avstämningskretsen blir avstämd på frekvens 800 kHz (streckad resonanskurva), kommer sändaren på 800 kHz in med en styrka som motsvarar C' under det att sändaren på 750 kHz kommer in med en styrka som motsvaras av längden på stapeln A' . Sändaren på 700 kHz kommer in ännu svagare och dess styrka representeras av längden på stapeln B' .

Som synes kommer stationen på 800 kHz in kraftigare efter den nya inställningen, sändaren på 750 kHz kommer in svagare och sändaren på 700 kHz betydligt svagare.

Det är uppenbart att ju snabbare resonanskurvan ”sluttar” på båda sidor om resonansfrekvensen, desto snabbare dämpas angränsande sändare och desto effektivare bör man kunna skilja närbelägna sändare åt.

I fig. 13.4 visas två resonanskurvor, dels en bred (streckad kurva), dels en mycket smal (heldragen kurva). Att resonanskurvan är bred betyder att man har dålig selektivitet i kretsen, att kurvan är smal betyder hög selektivitet. När mottagaren är inställd på S_1 kommer den angränsande sändaren S_2 att försvagas, mera när man har hög selektivitet i mottagaren (heldragen kurva) än när man har dålig selektivitet (streckad kurva).

Den selektivitet vi får i den lokalmottagare som skall beskrivas i fortsättningen är rätt dålig, men tillräcklig om lokalsändaren är stark och någorlunda närbelägen, så att stationer som ligger nära i frekvens ”överröstas”.

Apparatens uppbyggnad

Apparaten är kopplad på ett universalkretskort (fig. 13.5) monterat i en apparatlåda som är uppbyggd av modulchassienheter. (Fig. 13.6.) På apparatlådans frontpanel är vridkondensatorn C_v placerad och på dess bakpanel återfinns antenn- och jorduttagen samt uttagen för hörtelefonen (banankontakter). Spolarna $L1 + L2$ är lindade på en ca 55 mm lång spolstomme med 15 mm ytterdiameter som limmas fast på universalkortet då detta är färdigmonterat med sina komponenter $C1$, $C4$ och $D1$.

Lindning av spolen

Spolstommen för $L1$ och $L2$ förses först med två gavlar av fiberbrickor med 15 mm innerdiameter och 20 mm ytterdiameter. (Fig. 13.7.) I ena änden av spolstommen görs tre hål, där man förankrar bitar av 0,7 mm förtent koppartråd som skall fungera som lödstift. Se fig. 13.8 och 13.9.

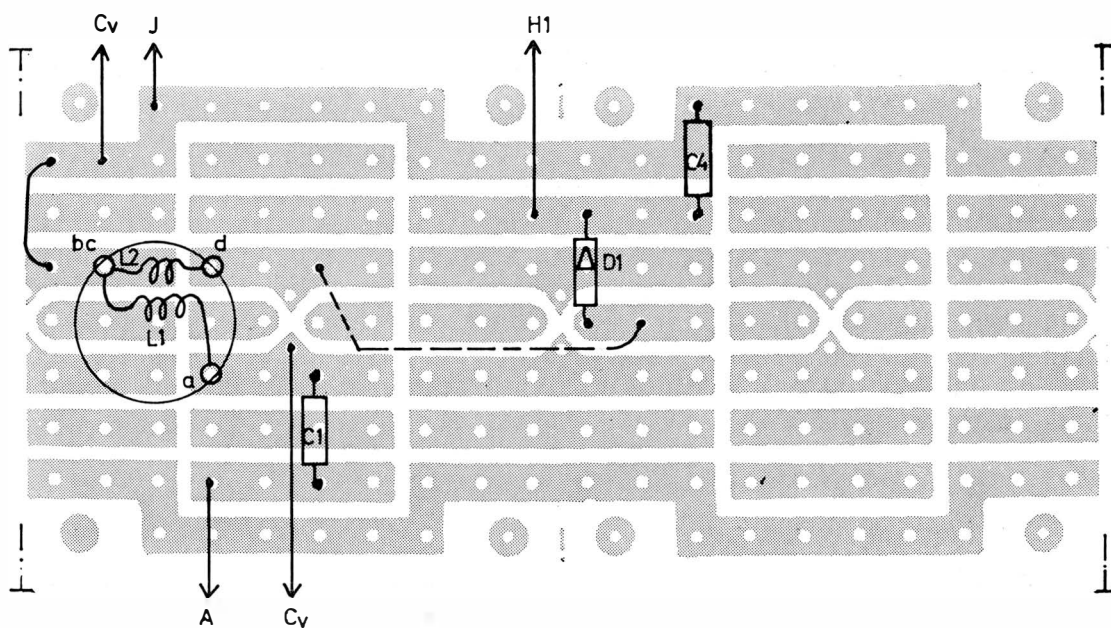


Fig. 13.5 Apparaten är uppkopplad på ett universalkretskort. Samma kort kan användas om apparaten sedermera skall byggas ut med ett förstärkasteg före och efter signaldioden $D1$. Obs. Kretskortet är sett från komponentsidan men ledningsmönstret "lyser igenom".

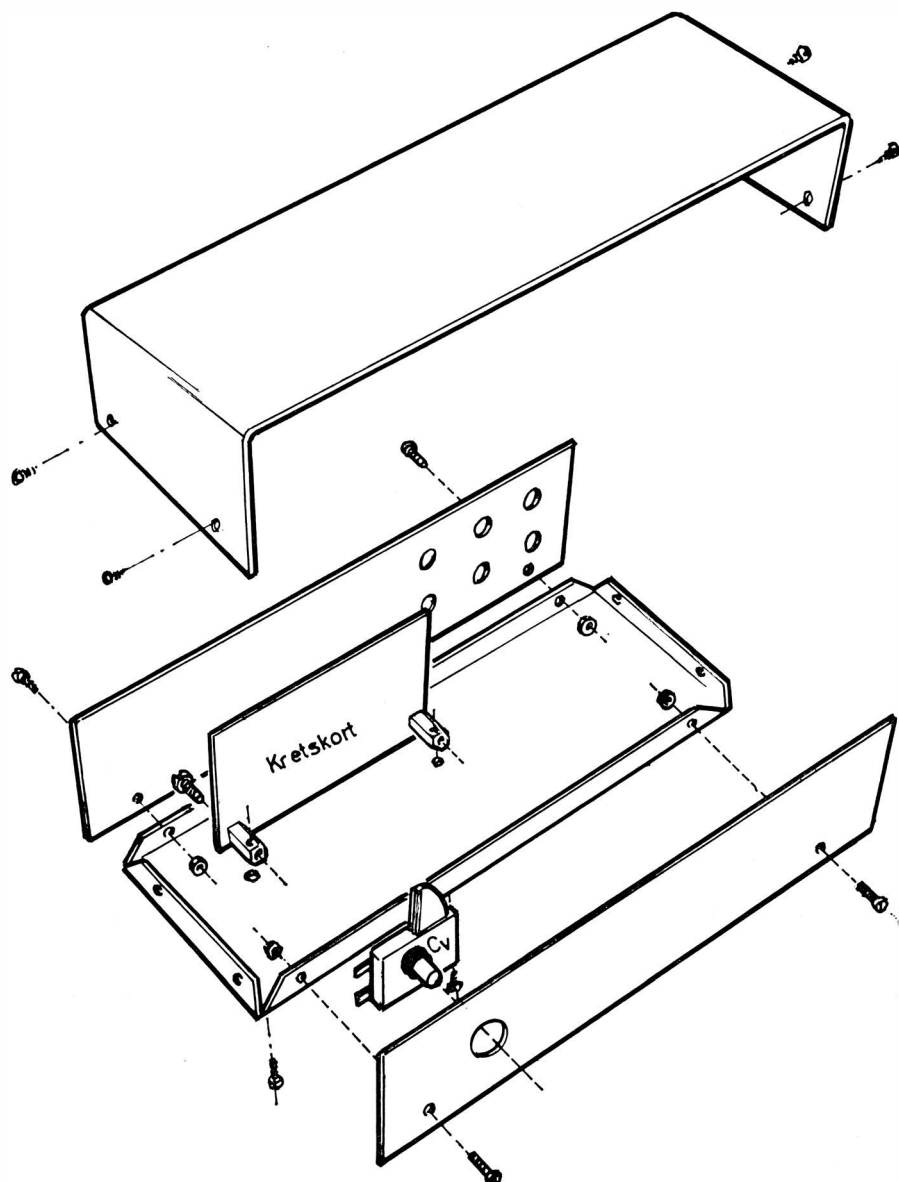


Fig. 13.6 Apparatlådan uppbyggd av modulchassienheter består av en perforerad bottenplatta med uppvikta kanter, på vilken en frontpanel och en bakpanel fastskruvas. På frontpanelen fastskruvas avstämningskondensatorn Cv och på bakpanelen anbringas kontakthylsor för antenn- och jord, samt kontakthylsor H1, H2, för hörtelefonen. Universalkretskortet med pålimmad spolstomme för L1 + L2 fastskruvas på "fogdon" som i sin tur skruvas fast med skruv och mutter i bottenplattan vars hålindelning stämmer med fastsättningshål för universalkretskortet.

Spolen L1, som skall ha en induktans av ca $150 \mu\text{H}$ lindas med 150 varv 0,20 mm lackisolerad koppartråd. Linda medurs och börja lindningen i den ände där "lödstiften" anbringats. Linda varvrätt varv intill varv så att en jämn och prydlig, ca 35 cm bred lindning erhålls. Den spolände där vi började linda betecknar vi med b, den

motsvara en viss relativ utspänningsändring. (30° vridning motsvarar ungefär en fördubbling eller halvering av utspänningen. Fig. 6.9.)

Dylika potentiometrar används ofta som volymkontroll i tonfrekvensförstärkare och radioapparater.

Trådlindade potentiometrar är i princip byggda på samma sätt som kolpotentiometrar men har en motståndsbana bestående av en på en isolerande cirkulär kropp upplindad motståndstråd. (Fig. 6.10.) Trim-potentiometrar (fig. 6.11) är små miniatyrpotentiometrar. De ut-

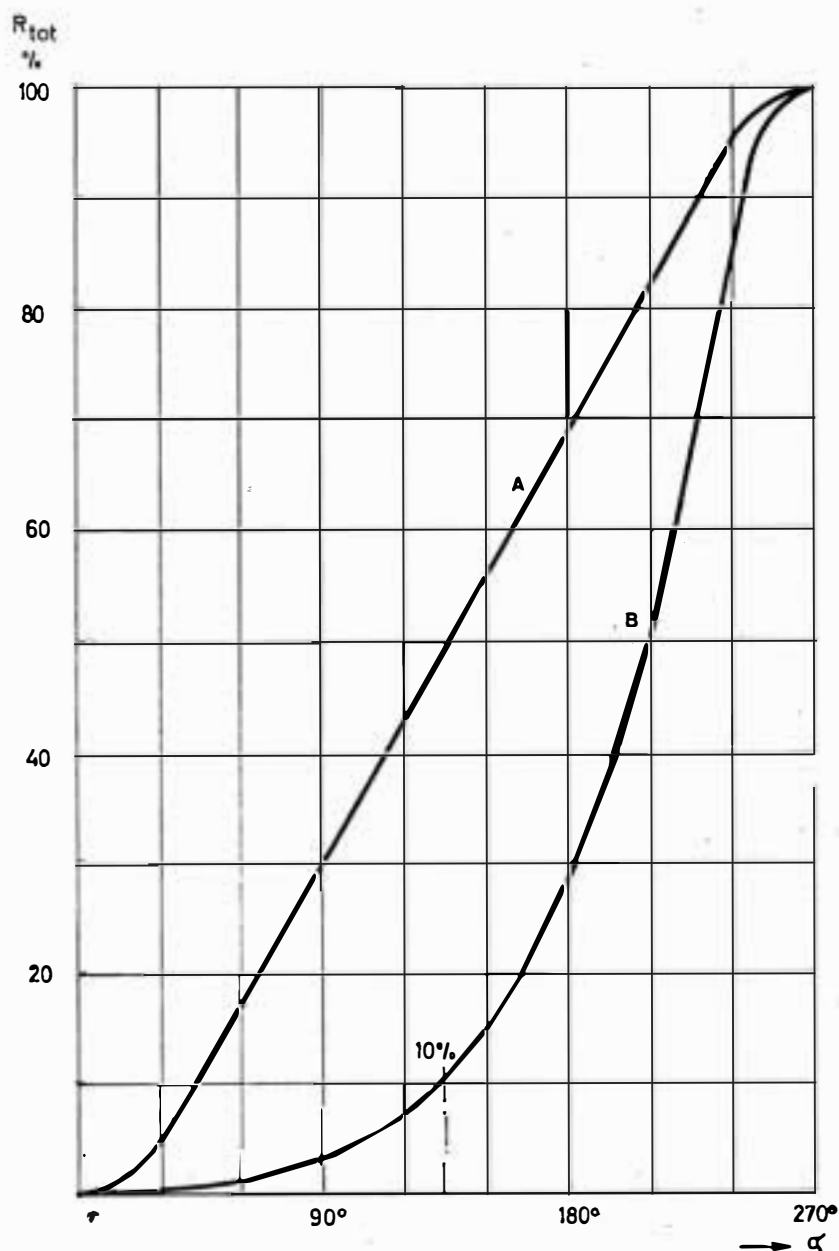
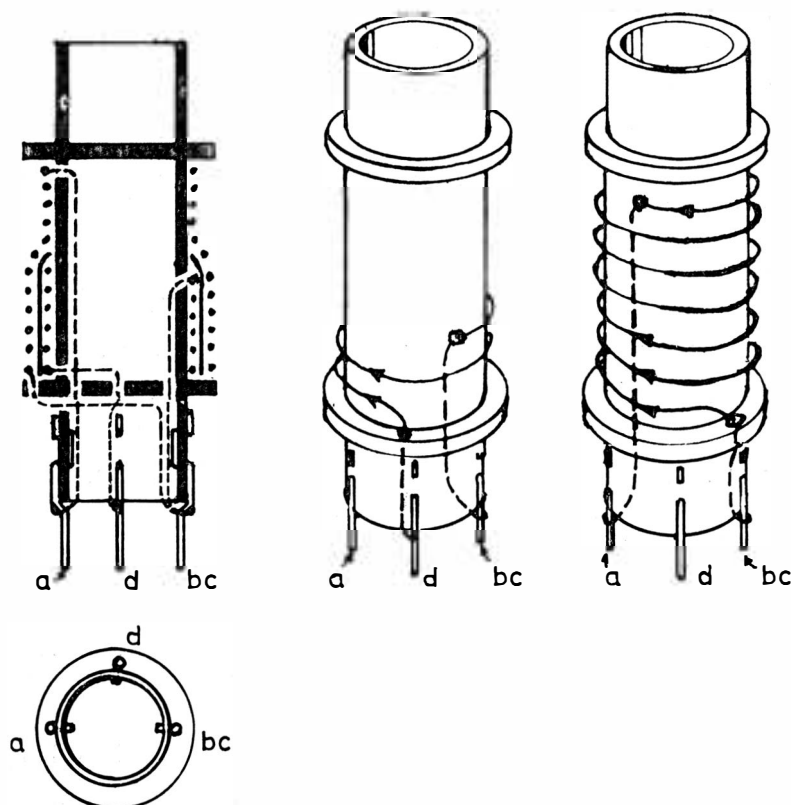


Fig. 6.9 Diagram visande resistansen som funktion av vridningsvinkeln för potentiometeraxeln dels för potentiometer med linjär motståndsbana (kurva A), dels för potentiometer med logaritmisk motståndsbana (kurva B). Resistansen anges i % av motståndsbansans resistans.



Sett underifrån

Fig. 13.8 Spolarna L1+L2 lindas på en 55 mm lång spolstomme av perti-nax eller bakelit med 15 mm ytterdiameter. Spolstommen förses med gavlar av fiberbrickor (se fig 13.7) och i ena änden anbringas tre "lödöron" i form av tre stumpar 0,7 mm förtent koppartråd som förankras i spolstommen så som visas i fig 13.9. Spolarna L1 och L2 lindas enligt anvisningarna i tex-ten och löds in till lödstiften. Den färdiga spolstommens lödstift sticks ner från komponentsidan av universalkretskortet i de med a, bc och d betecknade hålen på kretskortet, se fig 13.5 och 13.10.

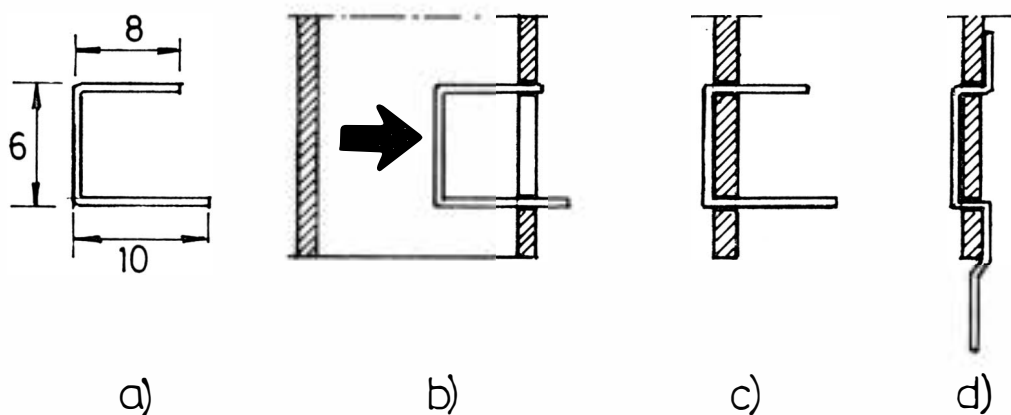


Fig. 13.9 På den färdiga spolstommen anbringas tre lödöron bestående av 0,7 mm förtent koppartråd som bockas till enligt a och skjuts in i hål i spolstommen (b). När den bockade tråden kommer på plats (c) bockas trå- den till enligt d.

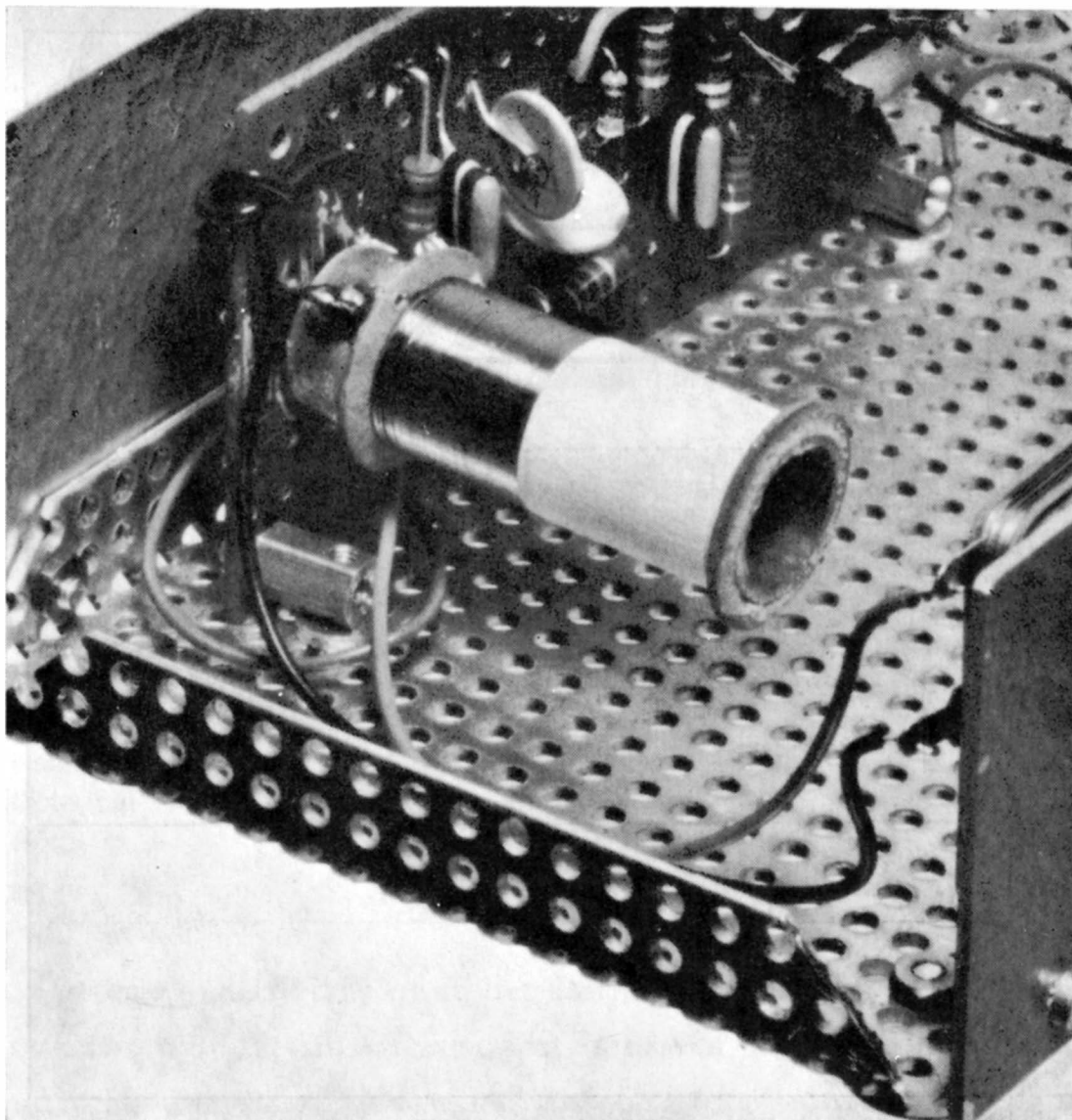


Fig. 13.10 Den hemmatillverkade spolstommen inlödd på kretskortet.

Beträffande inlödningen av germaniumdioden D1 är att observera att man måste iaktta försiktighet, eftersom dioden kan skadas av för stark uppvärmning av lödkolven. När man löder in dioden bör man därför kyla av tilledningstråden, som man löder på genom att gripa om tråden med en plattång.

När kretskortet är färdigkopplat sticks de tre lödstiften på spolen

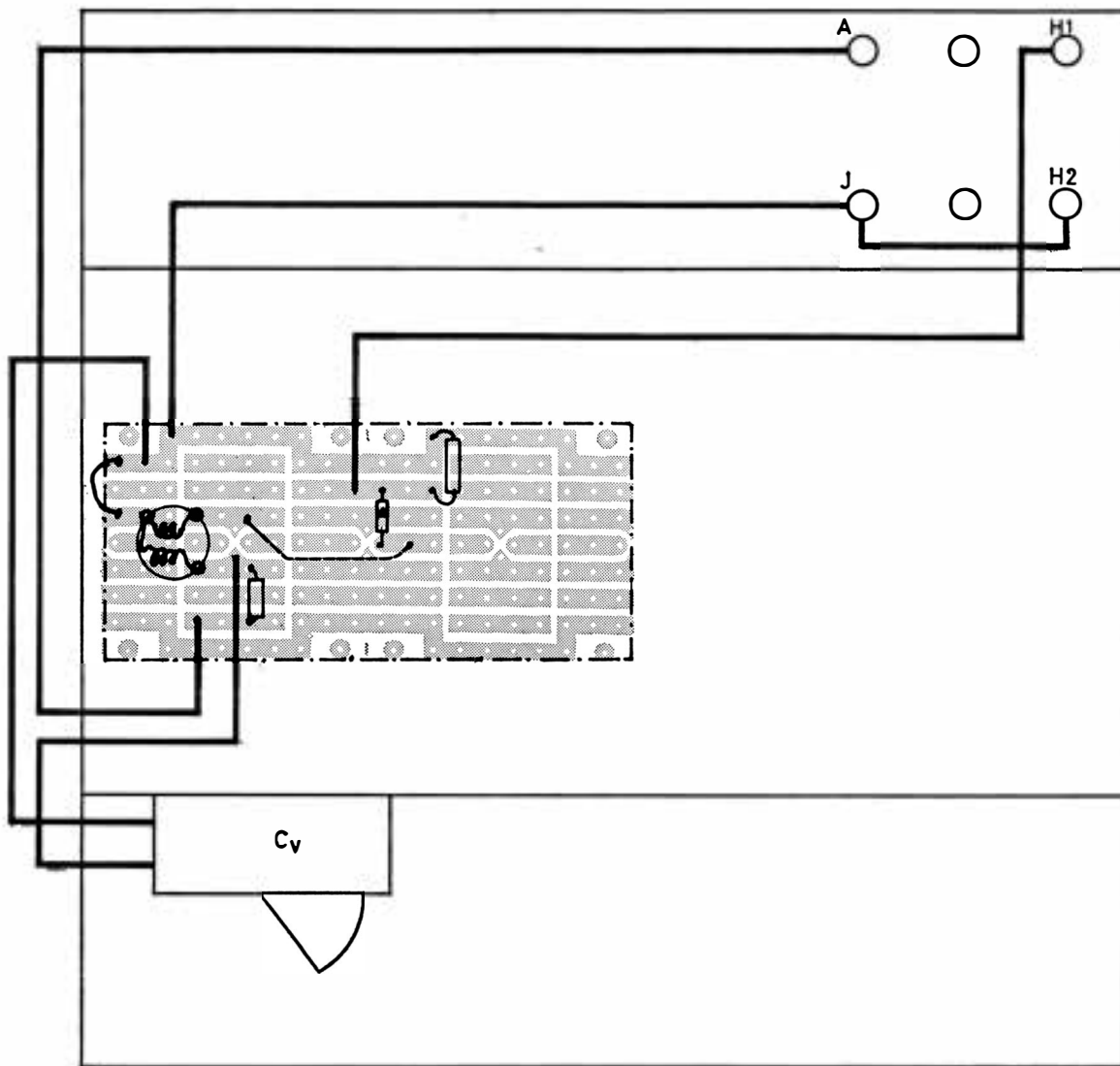


Fig. 13.11 Från vissa punkter på kretskortet dras isolerade förbindelsetrådar till bananhylsorna A1, J, H1 och H2 på bakpanelen och till avstämningskondensatorn Cv på frontpanelen.

in från komponentsidan på kretskortet i de hål på ledningsmönstret som är markerade med a, bc och d. Innan man löder in spolens lödstift till folieledningarna på kretskortet bör man limma fast spolstommen mot kretskortet. Se fig. 13.10.

När spolen är monterad på plats och inlödd på kretskortet, återstår att göra en del yttre förbindningar till antenn- och jorduttag, hörtelefonuttagen och den variabla kondensatorn Cv. Hur dessa ledningar skall dras framgår av fig. 13.11.

Vad kan man höra?

Med de angivna varvtalen hos L1 och L2 kan man, när man vrider på C_v, ta emot sändare inom frekvensområdet 550—1 400 kHz om den anslutna antennen är någorlunda lång (antennens egen kapacitans C_A inverkar på frekvensområdet i det att antennkapacitansen C_A + kapacitansen C1 ligger seriekopplade över avstämningsskretsen, L1 + C_v). Följande större svenska mellanvågssändare faller inom området:

Sändare	Effekt (kW)	Frekvens (kHz)
Sundsvall	150	593
Östersund	150	719
Nacka (Stockholm)	150	773
Göteborg	150	980
Hörby	100	1 178
Falun	100	1 223

Det bör understrykas att en detektormottagare av det här beskrivna slaget inte är särskilt effektiv. Det fordras mycket lång antenn och man måste bo högst något tiotal kilometer från lokalsändaren för att ingångssignalen skall bli så hög att hörtelefonstyrkan blir tillräcklig för acceptabel mottagning. Selektiviteten är inte heller någonting att skryta med.

Vi skall emellertid i fortsättningen visa hur vi steg för steg kan förbättra mottagaren så att den får större känslighet och bättre selektivitet.

14. Något om antenner för mellanvåg

– radiomottagarens "känfelspröt".

Redan i kap. 5 om frekvens och våglängd nämndes att de radiovågor som når antennen ger upphov till en växelström mellan antennen och jord. Det är ganska uppenbart att ju starkare radiovågor som faller in mot antennen, desto större växelspanning uppstår mellan antenn och jord. Denna högfrekventa växelspanning utgör den modulerade signalspanningen som vi påförde den i förra kapitlet beskrivna lokalmottagaren. Vi demodulerade och omvandlade denna signal till en lågfrekvent signal som vi kunde avlyssna i hörtelefonen.

En närbelägen stark lokalsändare ger upphov till en hög signalspanning mellan antenn och jord, och man kan då använda en enkel mottagare för att avlyssna stationens sändningar. Avlägsnare stationer ger en svagare fältstyrka (se nedan) och därmed erhålls en svagare signalspanning från antennen. För att kunna avlyssna sådana mer avlägsna sändare måste vi ha större förstärkning i mottagaren som därmed blir mera komplicerad. Men allmänt gäller att ju effektivare antenn man har, desto mindre krav behöver man ställa på sin mottagare.

I den lokalmottagare som beskrevs i kap. 13 hade vi ingen förstärkning; vi utnyttjar i den enbart de på antennen infallande radiovågornas energi för att driva hörtelefonen. För att vi skall få tillräcklig ström genom hörtelefonen, måste vi därför ha en effektiv antenn, om inte lokalsändaren är mycket stark och mycket närbelägen. Vi skall studera detta litet närmare.

Öppna och slutna antenner

Radiovågorna är att betrakta som en elektromagnetisk vågrörelse sammansatt av ett elektriskt fält sammanvävt med ett magnetiskt fält, som fortplantar sig från sändarantennen i alla riktningar. Fig. 14.1. Den omständigheten att vi har dels ett elektriskt fält, dels ett magnetiskt, betyder att man kan arrangera en antenn antingen som *öppen* antenn eller som *sluten*.

En *öppen antenn* är egentligen en kondensator med stora dimensioner. Det ena kondensatorbelägget är en ledare som isoleras från jord och som i allmänhet kan betraktas som en tämligen god ledare; den skall placeras så högt som möjligt. Det andra belägget är jorden.

Radiovågornas snabbt växlande elektriska fält ger upphov till en spänning mellan "kondensatorbeläggen", dvs. mellan den från jord isolerade ledaren och jord.

En *sluten antenn* utformas alltid som en induktansspole som anbringas så att den passeras av radiovågornas högfrekventa magnetfält. När det gäller s. k. ramantenner gör man spolens lindningsdiameter så stor som möjligt för att man skall få med så stor del av

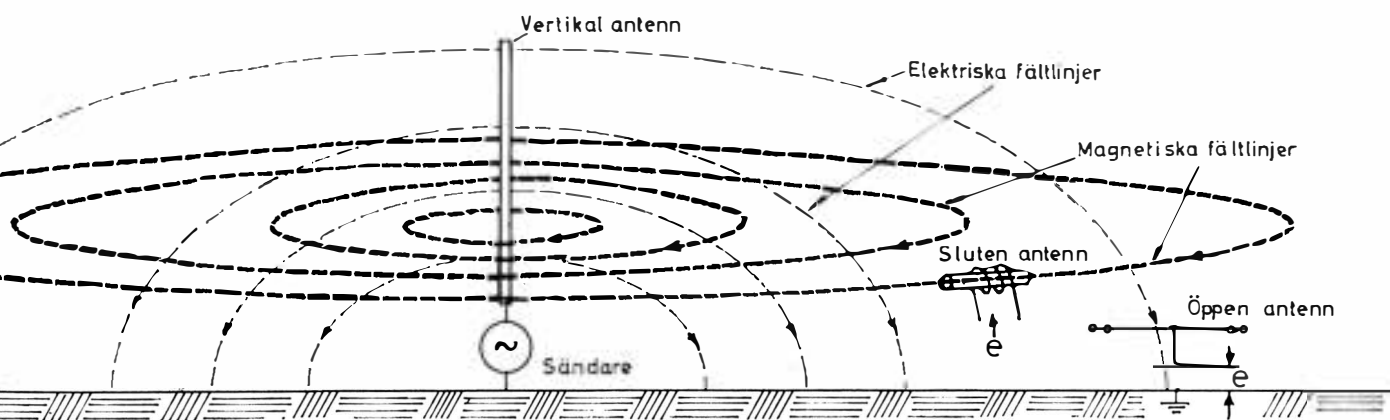


Fig. 14.1 En vertikal sändarantenn omges av ett elektromagnetiskt fält som fortplantas med i stort sett ljusets hastighet i alla riktningar koncentriskt från antennen. De elektriska fältlinjerna är mer eller mindre vertikala vid markytan, de magnetiska är horisontella.

radiovågornas magnetfält som möjligt. Ju större "ram", desto effektivare antenn. En sluten antennis effektivitet kan förbättras om man förser induktansspolen med en lämplig järnkärna som "suger åt sig" de magnetiska kraftlinjerna. Man kan då komma ner till mycket små dimensioner hos antennen. Ofta använder man en ferritstav, som är någon centimeter i diameter och någon decimeter lång, på vilken man anbringar induktansspolen ("ferritantenn").

Fältstyrkan

Fältstyrkan utgör ett mått på radiovågornas "styrka" i en viss punkt. Fältstyrkan anges i V/m, mV/m eller $\mu\text{V/m}$. En fältstyrka om 1 mV/m anger att radiovågorna ger upphov till en radiofrekvent växelspanning med effektvärde 1 mV mellan två punkter belägna på 1 m avstånd från varandra i elektriska fältets riktning.

Eftersom alla lång- och mellanvågssändare arbetar med vertikala antenner, kommer elektriska fältet för de radiovågor som utstrålar från dem att vara vertikalt riktat, så som visas i fig. 14.1. Mellan en öppen antennis antennlina och jord uppstår det en radiofrekvent växelspanning proportionell mot radiovågornas fältstyrka, multiplicerad med något som betecknas med antennis *effektiva höjd*.

Effektiva höjden för en antenn ger ett mått på antennis effektivitet. För en antenn för lång- och mellanvågssområdet är effektiva höjden i stort sett = antennis höjd över markytan; om höjden varierar får man ta ett medelvärde. Effektiva höjden räknas från de jordade föremål som finns i antennis närhet. Sålunda är en antenn som befinner sig tätt över ett jordat plåttak inte särskilt effektiv, då effektiva höjden för antennen får räknas från det jordade plåttaket. Lummiga träd är inte direkt att betrakta som jordade föremål, men de medför en viss reduktion av effektiva höjden. Bäst är om man kan spanna antennen mellan två fristående master eller mellan två hus. Är i senare fallet båda husen av trä och har tegel på taken får man en effektiv antenn.

Exempel: En antenn med effektiva höjden 10 m ger vid en fältstyrka av 50 mV/m en signalspänning $= 10 \times 50 = 500 \text{ mV} = 0,5 \text{ V}$ mellan antennen och jord.

Antennens längd bör vara 10—30 m för mellanvågs- och långvågs-mottagning. För kortvåg räcker det med en kortare antenn, men det skadar å andra sidan inte om man även på kortvåg har en rätt lång antenn.

L-antennen

Den enklaste antenntypen är en vanlig L-antenn. Den spänns mellan två högt belägna punkter, exempelvis mellan två skorstenar eller mellan en skorsten och en mast, ett träd e. d. Fig. 14.2. Antennlinan bör vara mångtrådig och av kopparbrons. Antennen spänns mellan s. k. äggisolatorer. Vid L-antenner behöver man inte anordna någon skarv mellan antennlinan och nedledningen; linan fortsätter direkt som ned-

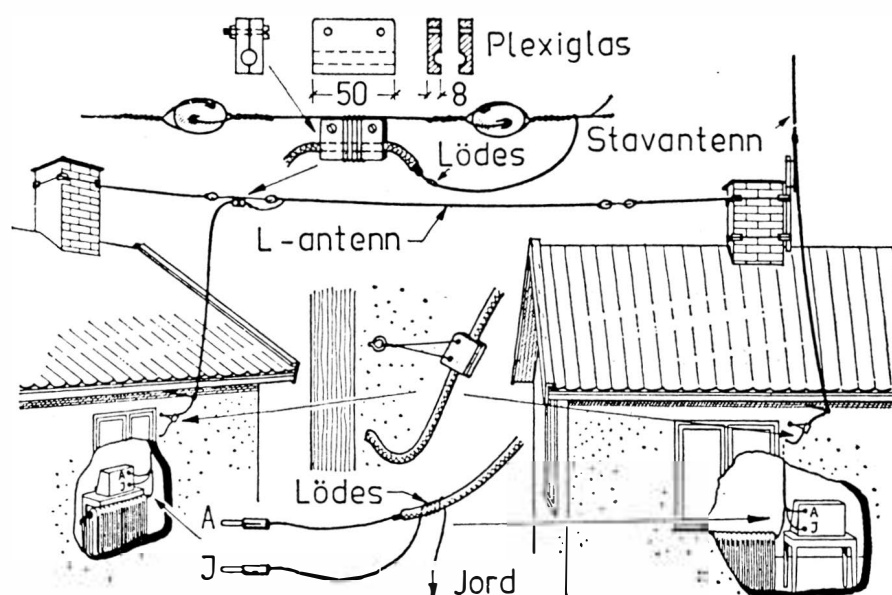


Fig. 14.2 Här visas hur man på lämpligaste sätt kan ordna en utomhus-antenn, dels t. v. en L-antenn, dels t. h. en vertikalantenn eller "stavantenn". Kan man få upp en L-antenn är den att föredra framför stavantennen, som i allmänhet inte är så effektiv som L-antennen. I gengäld är stavantennen i regel något gynnsammare ur störningssynpunkt än L-antennen.

ledning. Nedledningen avslutas med en antenngenomföring, som anbringas i ett hål som man borrar i fönsterkarmen.

Som redan påpekats måste man se till att såväl själva antennlinan som nedledningen kommer att gå så fritt som möjligt från omgivande träd, plåttak eller andra ledningar, framför allt starkströms- och telefonledningar.

Eventuellt får man kosta på sig en särskild antennmast. Under inga förhållanden får man använda sig av stolpar eller fästen för starkströms- eller telefonledningar. Passerar man med antennen ett område som tillhör enskild person eller kommunal eller statlig myndighet (ex. gatumark), måste tillstånd inhämtas hos vederbörande ägare. Man får också hålla i minnet att antennen inte får bli något hinder för arbeten på taket, sotning eller snöskottning etc. Att husägarens tillstånd måste inhämtas är också självklart.

T-antennen

En T-antenn skiljer sig från L-antennen endast därigenom att man anbringar nedledningen inte i någon av luftledningens ändpunkter utan någonstans mittpå. Fig. 14.3.

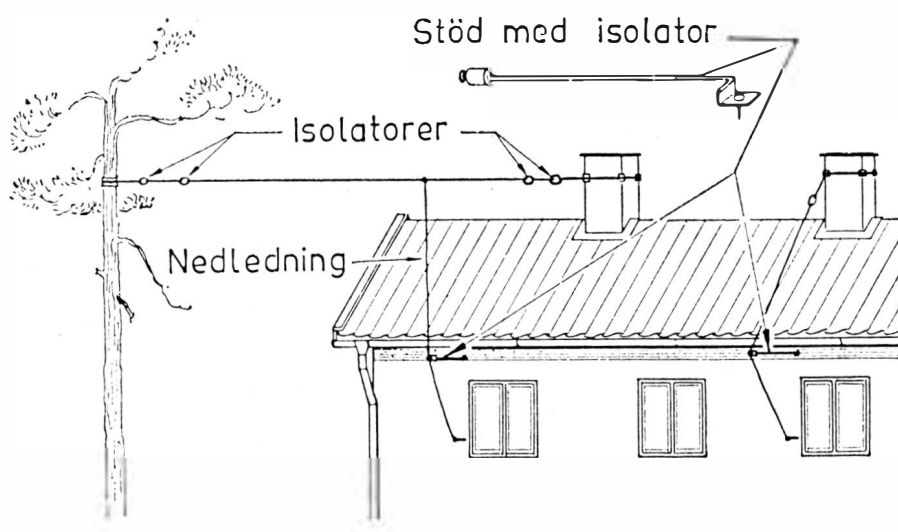


Fig. 14.3 Denna bild visar hur man kan anordna sin antenn när utrymmet är begränsat. T. v. visas en T-antenn och t. h. en antenn utan någon egentlig luftledning. Den senare bör man endast försöka sig på om man har tegel på taket. Är det plåt på taket blir effektiviteten mycket dålig.

Stavantenn

Har man besvär med att få upp en ordentlig L-antenn kan man försöka med en stavantenn. En sådan består av en vertikal luftledning, oftast bestående av rostfritt stål eller aluminium, från vilken nedledningen tillförs mottagaren på samma sätt som vid L- eller T-antennen. Fig. 14.2. Av praktiska skäl kan man inte göra luftledningen särskilt lång; man får nöja sig med ca 3 à 4 m. Detta innebär att en dylik antenn sällan kan bli så effektiv som en L- eller T-antenn, som man kan ge en betydligt större utsträckning i horisontell led. Det är nämligen luftledningens längd som i hög grad bestämmer antennens effektivitet på mellan- och långvåg.

I handeln finns det kompletta utrustningar för stavantenner, försedda med isolerade fästen, som man kan montera exempelvis på en skorsten. För att få nedledningen isolerad från stuprännor m. m. får man använda sig av s. k. avhållsjärn med isolatorer.

Skärmad nedledning

I vissa fall kan det — framför allt i områden med svåra lokala störningar — vara nödvändigt att förse en utomhusantenn med skärmad nedledning. Härigenom förhindrar man att den del av nedledningen, som kommer att dras fram genom den "störningsdimma" som alltid omger de elektriska ledningarna i en byggnad, uppfångar dessa "närstörningar". Fig. 14.4 och 14.5.

För en någorlunda lång L- och T-antenn kan man utan olägenhet använda sig av skärmad nedledning av ca 30 m längd; skulle nedledningens längd överstiga detta värde blir det nödvändigt att koppla in särskilda s. k. anpassningstransformatorer för att den höga kapacitansen i nedledningen inte skall starkt försämra resultatet.

Utomhusantenner av det slag som beskrivits i det föregående har man alltid glädje av, även om man sedermera skaffar sig en bättre och effektivare mottagare. Detta gäller inte minst på kortvåg. Det hjälper inte hur effektiv mottagare man skaffar sig eller bygger, den

kan inte prestera sitt bästa om man inte har en fullgod antenn till den: de svagaste stationerna drunknar i den "bottensats" av brus mottagaren själv frambringar. Man kan nämligen aldrig kompensera en dålig

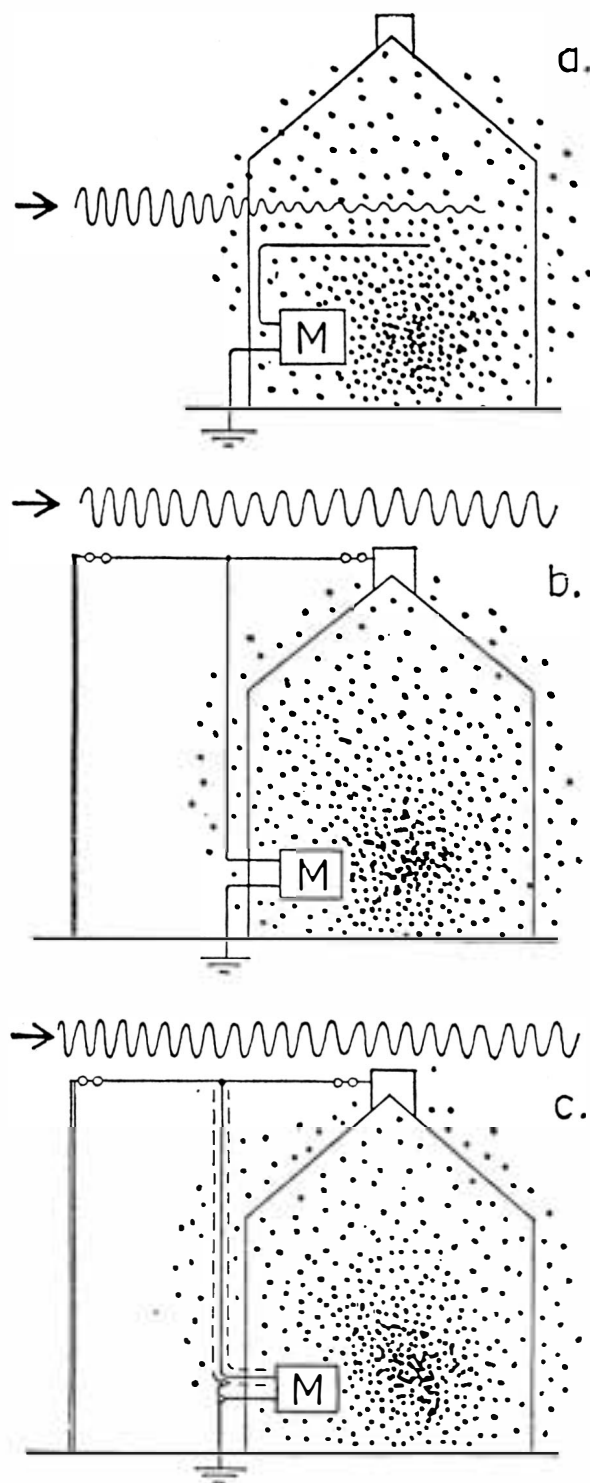


Fig. 14.4 a) Inomhusantennen uppfångar störfältet kring elektriska ledningsnätet i en byggnad. Radiovågorna från sändaren försvagas innan de når antennen. Mottagningen starkt störd. b) Utomhusantennen utan skärmd nedledning: nedledningen uppfångar störningarna men antennens luftledning nås av de oförsvagade vågorna. Bättre mottagning än vid a). c) Utomhusantennen med skärmd nedledning. Störningarna når inte till antennen, nedledningen är skyddad för störningarna genom skärmingen. God mottagning.

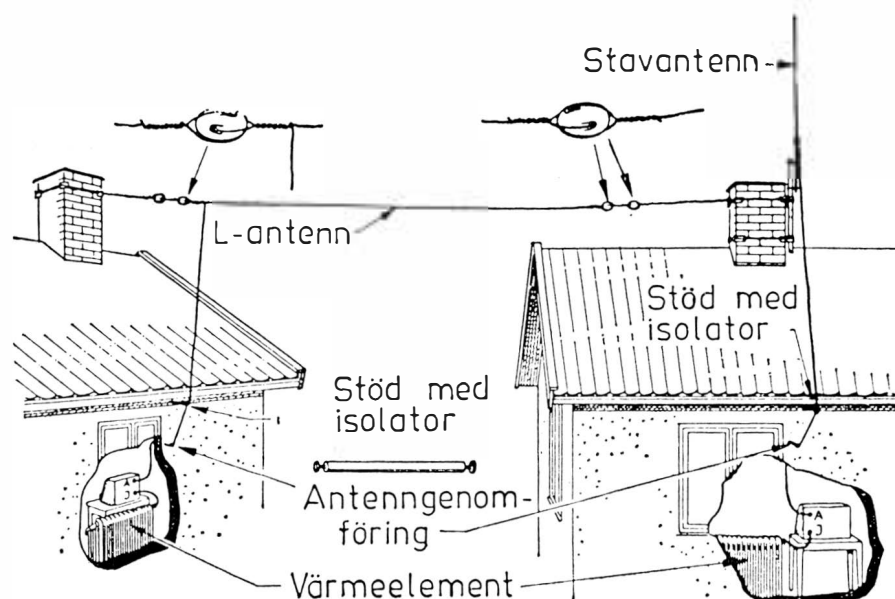


Fig. 14.5 Här visas hur man kan förse de i fig. 14.2 visade utomhusantennerna med skärmade nedledningar, vilket kan vara nödvändigt i områden, där man måste räkna med starka störningar från motorer m. m., anslutna till belysningsnätet. Observera de olika anordningar, som måste uppsättas för att avlasta den skärmade kabeln.

antenn med extra förstärkning i mottagaren. Kostnaden för en effektiv antenn är därför aldrig bortkastad.

Jordledning

Till en förstklassig antennenläggning hör också en god jordledning. En någorlunda effektiv jordledning kan man ofta få genom att gå in på närmaste värmelement. Hela rörsystemet i en värmeanläggning är i allmänhet — dock inte alltid — på ett eller annat sätt anknutet till vattenledningsrör, som ofta har god kontakt med de jordlager som de är nedgrävda i. Idealisk är en sådan jordanslutning emellertid inte, eftersom rörsystemet i en byggnad går i många slingerbultar innan någon effektiv jordsättning sker. Vattenledningsrör är i allmänhet bättre att använda, med det är inte alltid så lämpligt att dra fram en ledning till exempelvis köket för att där anordna en jordning.

Det kan därför rekommenderas att man anordnar en egen jordpunkt, bestående av en i jorden nedgrävd kopparplåt. Den bör i så

fall vara 2—5 mm tjock och ha en yta av minst ca 1/4 m². Den grävs ned utanför samma fönster där man har nedledningen från antennen. Man får då använda sig av en speciell nedledning från mottagaren till jordplåten. Nedledningen kan utgöras av antennlina av mångtrådig kopparbrons.

Åskskydd

Det har visat sig att en antennenläggning knappast innebär någon ökad risk för åsknedslag. Däremot kan det ofta uppträda överspänningar från en utomhusantenn, som kan medföra skadegörelse på mottagarapparaten. Det är därför önskvärt att man förser antennen med en särskild knivomkastare, med vilken man kan jordsätta antennen vid åskväder eller då den inte används. Överspänningarna kommer då att ledas direkt till jord. Helst bör knivomkastaren monteras utomhus som visas i fig. 14.6.

Inomhusantenn

En inomhusantenn är visserligen inte på långt när så effektiv som en utomhusantenn, och den är dessutom betydligt känsligare för de ra-

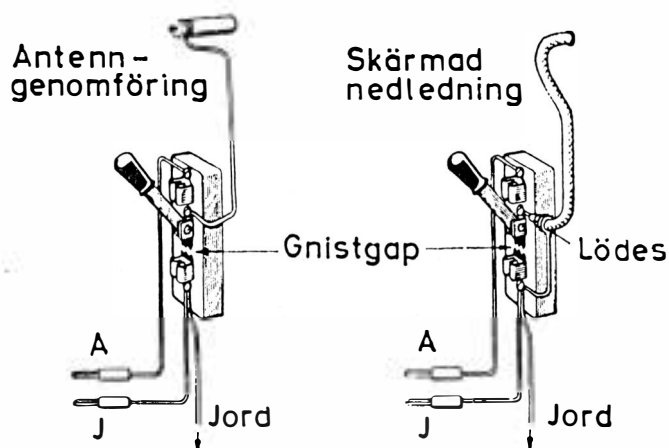


Fig. 14.6 Använder man sig av utomhusantenn är det önskvärt att man förser denna med en antennomkopplare, med vilken man kan jorda antennen när den inte används. Under åskväder bör antennen alltid jordas.

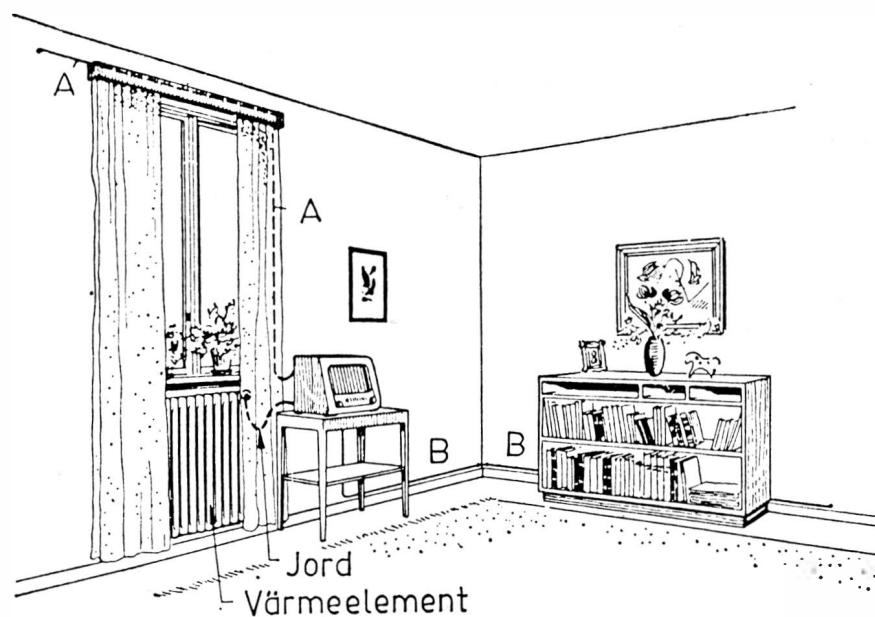


Fig. 14.7 På detta sätt kan man anordna en inomhusantenn. Bor man i bottenvåningen anordnar man den lämpligen enligt A i fig., dvs. man förlägger den så högt som möjligt. Bor man däremot i högsta våningen anordnar man den enligt B i hus med plåttak. Är huset försett med tegeltak är alternativ A bättre. Överhuvudtaget bör man försöka förlägga antennen så att den kommer att ligga så fritt som möjligt från jordade föremål, exempelvis värmelement eller plåttak.

diostörningar som är knutna till belysningsnätet, men för den som företrädesvis hör på lokalsändaren kan det oftast räcka med en dylik antenn. Detta förutsatt att fältstyrkan från lokalsändaren på den plats där man är bosatt uppgår till tillräckligt högt värde, så att radiostörningarna "överröstas" av lokalsändaren.

En inomhusantenn kan helt enkelt bestå av en isolerad koppartråd, som man spänner upp på väggen i det rum där mottagaren är placerad. Fig. 14.7. Allmänt gäller att denna isolerade tråd bör dras på så långt avstånd från jordade föremål som möjligt. Man bör alltså undvika att förlägga den i närheten av vattenledningsrör eller värmelement eller -rör. Bor man på nedre botten, bör man anbringa tråden så nära taket som möjligt. Helst bör man då förvissa sig om att det inte går några värmelement eller -rör nära golvet just ovanför

antenntården. Bor man i översta våningen i ett högt hus kan man gärna lägga antennen uteder golvet. Antennens längd bör vara ca 5 m.

I övrigt bör man undvika starkströmsledningar, som alltid är omgivna av ett mer eller mindre kraftigt störfält.

Till en inomhusantenn hör alltid en jordledning, som kan utföras på det sätt som beskrivits i det föregående.

Slutna antenner

Slutna antenner av ramantenntyp används numera sällan eller aldrig, de tar för stor plats. Ferritantenner har ganska dålig verkningsgrad, de har en ekvivalent effektiv höjd som endast är av storleksordningen 0,01—0,1 m, varför de endast används i mottagare med stor inbyggd förstärkning.

Beträffande de slutna antennerna gäller att de har kraftig riktningsverkan på så sätt att antennen är effektivast när antennspolens axel är horisontell och vinkelrät mot riktningen till sändaren. Om antennspolens axel pekar rakt mot sändaren, uppstår ingen signalspänning i spolen. Man kan därför använda en ferritantenn som pejlantenn, dvs. man kan pejla in riktningen mot en sändare genom att fastställa i vilket läge ferritstaven skall stå för att sändarens styrka skall gå ned till 0. Ferritstavens axel pekar då rakt mot sändaren.

Antenner för kortvåg och ultrakortvåg kommer att behandlas i del 2 av denna bok.

Antenner för VHF och UHF

När man kommer upp till frekvenser över 30 MHz blir radiovågornas våglängd kortare än 10 m. Antenner för sådana våglängder utformas oftast som halvstågsantenner, dvs. de får dimensioner som blir av storleksordningen en halv våglängd. Antenner för VHF och UHF får därför betydligt behändigare format än antenner för lägre frekvenser. De kan också byggas upp mekaniskt på annat sätt. Antenner för VHF och UHF behandlas i del 2 av denna bok.

15. Att förstärka signaler

sker enklast med transistorer; en liten snabb kurs i transistorteknik ges i detta avsnitt.

Den tonfrekventa ström som erhålls efter dioden i en kristallmottagare är i allmänhet mycket svag. Orsaken härtill är att kristallmottagaren i sig själv inte har någon förstärkning; det är ju radiovågornas energi som man uppfångar med antennen som man tar i anspråk för att driva hörtelefonen.

Man kan emellertid med enkla medel förstärka den mottagna signalen så att man får en starkare signalspänning i hörtelefonen.

HF-steg och LF-steg

Ett sätt är då att direkt förstärka upp den högfrekventa ström som man får från antennen. I det fallet talar man om *högfrekvensförstärkning*. De komponenter och kretsar som är grupperade omkring ett rör eller en transistor, som förstärker upp en högfrekvent ström, brukar man sammanfatta under benämningen *högfrekvenssteg* eller *högfrekvensförstärkarsteg*. Högfrekvens förkortas HF och man talar därför om *HF-förstärkning*, *HF-förstärkarsteg* (HF-steg).

Man kan alltså tänka sig att föra in ett HF-steg mellan antennen och kristalldetektorn. I denna senare likriktar man ju, som närmare beskrevs i kap. 13, HF-signalen för att få fram den på den radiofrekventa signalspänningen inmodulerade tonfrekvensen.

Man kan emellertid lika gärna koppla in en förstärkare av något slag efter kristalldetektorn, alltså efter det att signalerna likriktats och man fått tillbaka den tonfrekventa moduleringspänningen. I det fal-

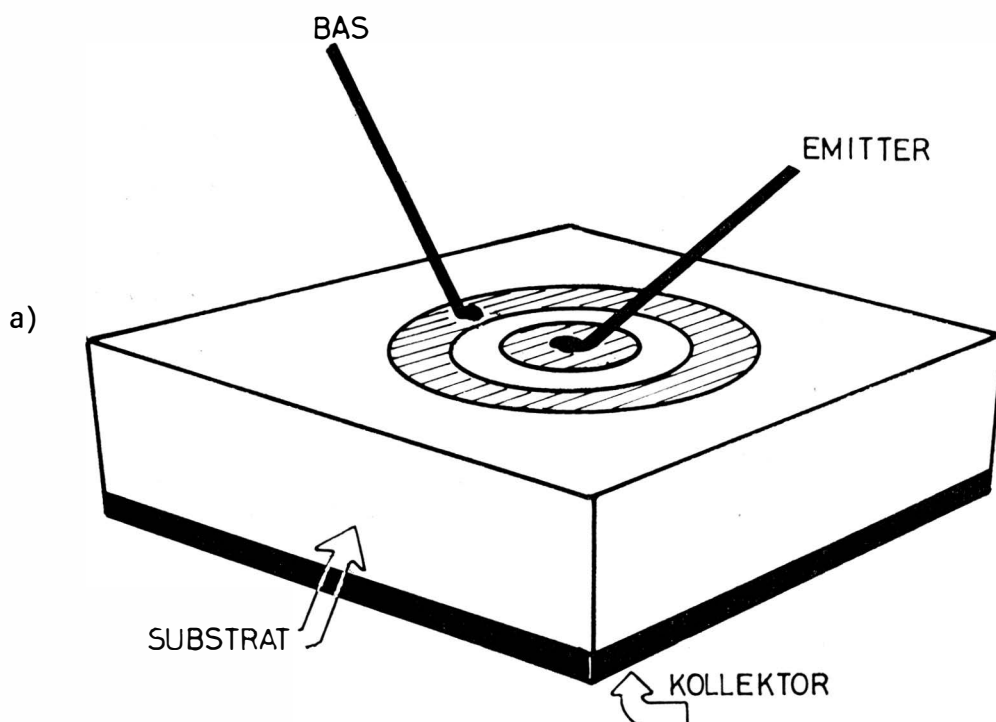
let är det en lågfrekvent signal man skall förstärka. Man talar då om *lågfrekvensförstärkning*. Komponenter och kretsar kring ett rör eller en transistor för lågfrekvensförstärkning benämnes *lågfrekvensförstärkarsteg* eller *lågfrekvenssteg* (förkortas *LF-förstärkarsteg* eller *LF-steg*).

De anordningar man kan använda för att förstärka signalen i en mottagare kallas för *aktiva komponenter* till skillnad från de s. k. *passiva komponenter* som vi hittills har sysslat med, dvs. motstånd, kondensatorer, transformatorer etc. Skillnaden mellan de passiva och de aktiva komponenterna är att de aktiva komponenterna kan förstärka den signal som tillförs, de passiva komponenterna däremot förorsakar enbart en modifiering, fasvridning eller dämpning av den påförda signalen.

Transistorn

Bland de aktiva komponenterna är numera transistorn praktiskt taget allena rådande.

Transistorer tillverkas i en mängd utförandeformer och för varie-



rande effektnivåer. Transistorer för liten effekt benämns *småsignaltransistorer*, transistorer för högre effekt kallas *effekttransistorer*.

Bland småsignaltransistorer kan man skilja på s. k. *bipolära transistorer* och *unipolära transistorer*. Effekttransistorer är i allmänhet av bipolär typ.

Den bipolära transistorn

Alla typer av transistorer är uppbyggda av samma slags halvledarmaterial, dvs. germanium och kisel, som ingår i halvledardioder och halvledarkondensatorer som vi behandlade närmare i kap. 11. Liksom i halvledardioder ingår halvledarmaterial av N-typ och P-typ. I material av N-typ är det som vi erinrar oss från kap. 11 negativt laddade laddningsbärare som deltar i strömtransporten genom materialet. I material av P-typ är det positivt laddade laddningsbärare — egentligen "hål" efter elektroner — som åstadkommer strömtransporten.

Den bipolära transistorn är i princip uppbyggd av tre skilda områden av halvledarmaterial som gränsar intill varandra. Vanligtvis används en kiselskiva som utgångsmaterial i vilken man genom s. k.

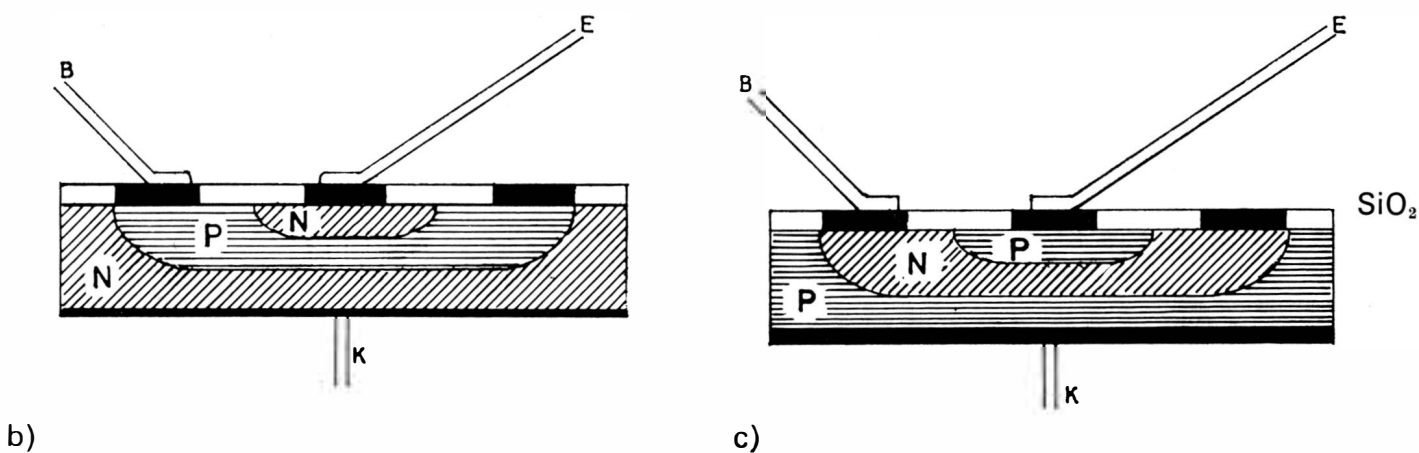


Fig. 15.1 Transistorer tillverkas med en kiselskiva som utgångsmaterial i vilken man genom diffusionsprocesser inför störmännen för N- resp. P-områdena. Halvledarytan skyddas av ett kiseloxidskikt. SiO₂ som utgör ett effektivt skydd mot ytpåverkan från luften. Kollektorbeläggning av metall underst.

I a) visas hur elektroderna för bas och emitterområdena anordnas, elektroderna utgörs av metalliseringar mot kiselskivan till vilka a) ledningstrådar insvetsats. I b) och c) visas en genomskärning av en NPN- resp. PNP-transistor.

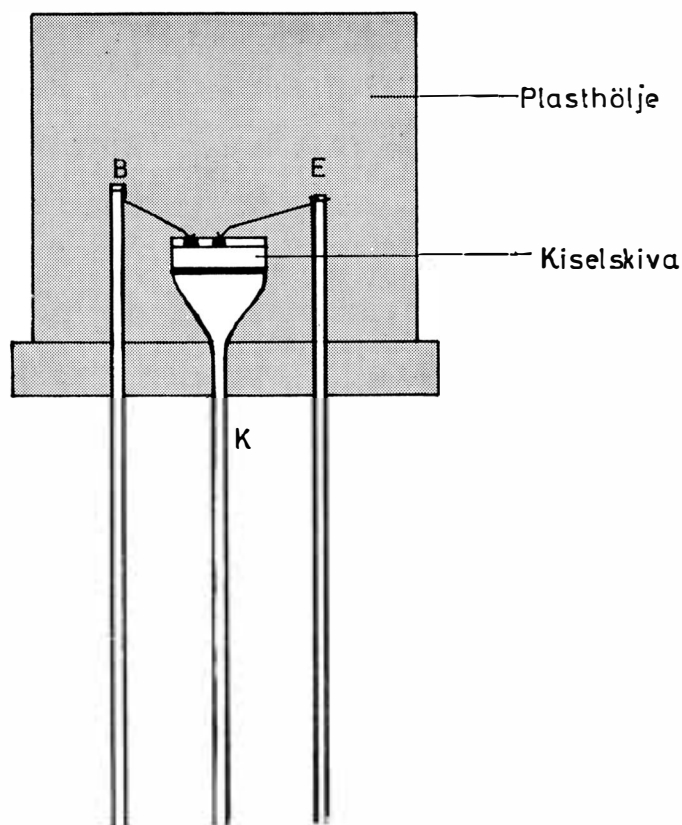


Fig. 15.2 Genomsnitt av hölje för småsignaltransistor. En kiselskiva enligt fig. 15.1 vilar mot kollektortilledningen. Bas- och emitteranslutningar till kiselskivans metalliseringsringar för bas- resp. emitterområden är anordnade via insvetsade tilliedningstrådar.

diffusionsprocesser inför störmöten så att det i kiselskivan uppstår områden av halvledarmaterial av omväxlande P- och N-typ. Man kan t. ex. i kiselskivan anordna ett område av N-typ som omges av områden av P-typ. Eller man kan ha ett område av P-typ som på ömse sidor omges av områden av N-typ. Fig. 15.1.

I förra fallet talar man om PNP-transistorer, i senare fallet om NPN-transistorer. Mittområdet, som alltid är mycket tunt, benämns transistorens *bas* och ansluts till yttre kretsen via en tilliedningstråd, den s. k. bastilledningen. De två ytterområdena i transistoren benämns *kollektor*, betecknas med K, resp. *emitter*, betecknas med E, och förbinds med yttre kretsar via en kollektortilledning resp. en emittertilledning. Fig. 15.2. Symbolen för en bipolär transistor av NPN- resp. PNP-typ visas i fig. 15.3, och i fig. 15.4 visas några typiska utförandeformer för småsignaltransistorer.

Principen för en bipolär transistor är följande: Mellan emitter och kollektor inkopplas en spänningskälla U_{CC} varvid den positiva polen

— om det är fråga om en NPN-transistor — ansluts till kollektorn och den negativa polen till emittern. Fig. 15.5. I gränssytan mellan de olika halvledarområdena av N- och P-typ uppträder nu spärrskikt av samma slag som i halvledardioder, se kap. 11. Men eftersom det i transistoren ligger omväxlande N-, P- och N-områden blir ett av spärrskikten förspänt i backriktningen under det att det andra blir förspänt i framriktningen. Man får i princip en anordning med två motstående dioder. Fig. 15.6. Någon ström kan inte flyta från kollektor till emitter eftersom dioden kollektor-bas är förspänd i spärriktningen.

Om nu basen i en NPN-transistor ansluts till den positiva polen på en spänningskälla via ett motstånd R_b (fig. 15.7), kommer basemitterdioden att bli ledande och en ström av hål kommer att gå från basområdet till emittern. Samtidigt uppstår en ström av elektroner

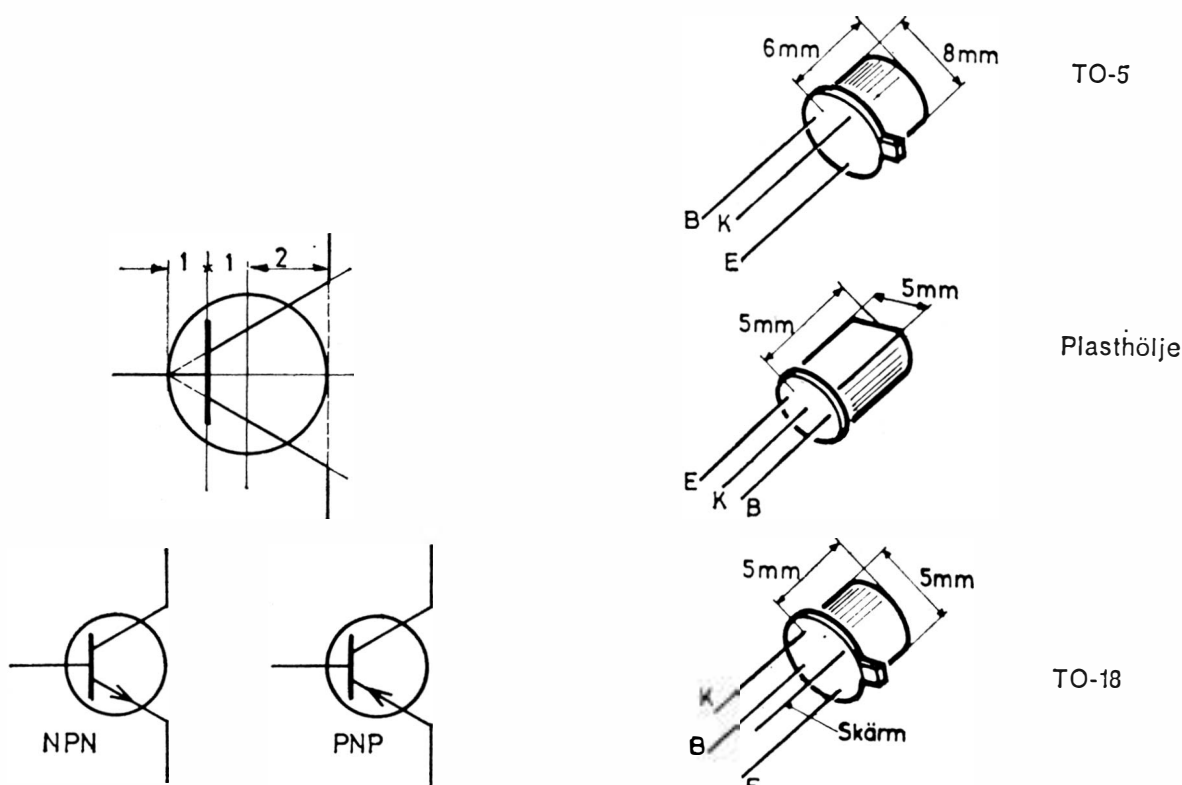


Fig. 15.3 Överst: Den allmänna schemasymbolen för en bipolär transistor. Nedtill: symbolen för NPN- resp. PNP-transistorer.

Fig. 15.4 Exempel på olika standardhöljen för småsignaltransistorer: TO-5-hölje, plastinkapsling och TO-18-hölje för småsignaltransistorer.

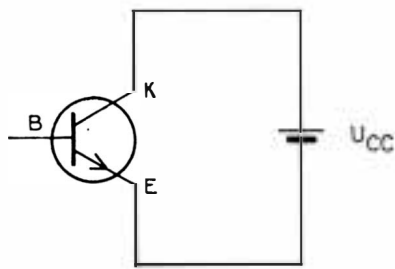


Fig. 15.5 NPN-transistor inkopplad till kollektorbatteri U_{cc} .

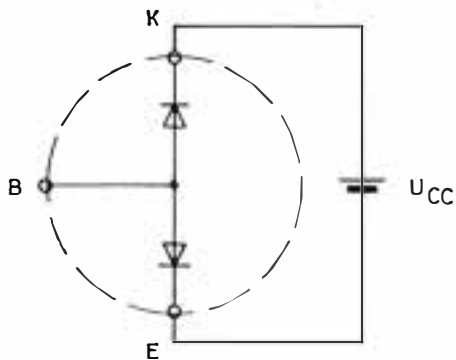


Fig. 15.6 En NPN-transistor kan uppfattas som två motvända seriekopplade halvdioder. De sammankopplade anoderna utgör basanslutningen, de två katoderna utgör kollektor resp. emitter.

från det N-ledande emitterområdet in i det P-ledande tunna basområdet. Elektronerna kommer sedan av bara farten att passera genom det tunna basområdet och eftersom spärrskiktet mellan kollektor och bas endast hejdar positiva laddningsbärare kommer de negativt laddade elektronerna som kommer från emittern in i basområdet att strömma in i kollektorområdet.

Om basströmmen ökas, kommer ett större antal elektroner i emittern att attraheras in i basområdet av dessa. Därmed ökar strömmen av elektroner som från emittern via det tunna basområdet drivs in i kollektorskiktet. Det betyder att man med en varierande basström kan öka och minska strömmen av elektroner som går från emittern till kollektorn.

I och med att en ström av elektroner börjar gå från emitter till kollektor flyter en elektrisk ström genom transistoren från kollektor till emitter. Den elektriska strömmen tänker man sig gå i motsatt riktning mot de negativa laddningsbärarnas rörelseriktning. Fig. 15.8.

Det karakteristiska för transistoren är nu att de hål som passerar mellan basskiktet in i emitterskiktet är mycket färre till antalet än de elektroner som passerar i motsatt riktning. På varje hål går det 50—500 elektroner, vilket betyder att den av basströmmen förorsakade strömmen mellan kollektor och emitter är 50—500 gånger starkare än basströmmen. Förhållandet mellan kollektorström och basström benämns transistorens *strömförstärkningsfaktor*.

Verknings sättet för en transistor av PNP-typ är exakt detsamma som beskrivits för NPN-transistor, fränsett det att man måste växla polaritet på arbetsspänningarna. När basområdet via ett motstånd R_b ansluts till den negativa polen på en spänningskälla, uppstår en ström av elektroner genom basområdet till emittern. Samtidigt uppstår en ström av hål från emittern till basen. Hålen, som från emittern dras

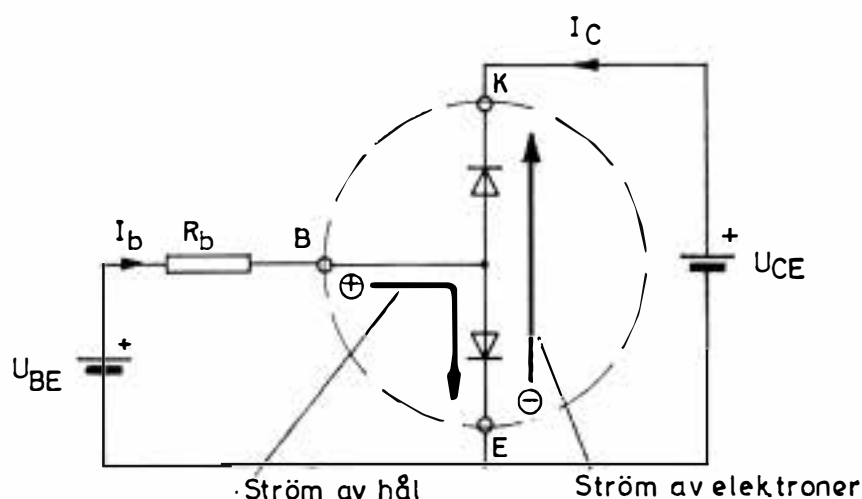


Fig. 15.7 Om bas-emitterdioden i en NPN-transistor förspännes i framriktningen via ett basmotstånd R_b , så att en basström I_b uppstår, orsakar detta en kollektorström I_c uppbyggd av elektroner från emitter till kollektor. I_c är väsentligt starkare än basströmmen I_b . Kollektorströmmen är direkt proportionell mot basströmmen och varierar när basströmmen varierar.

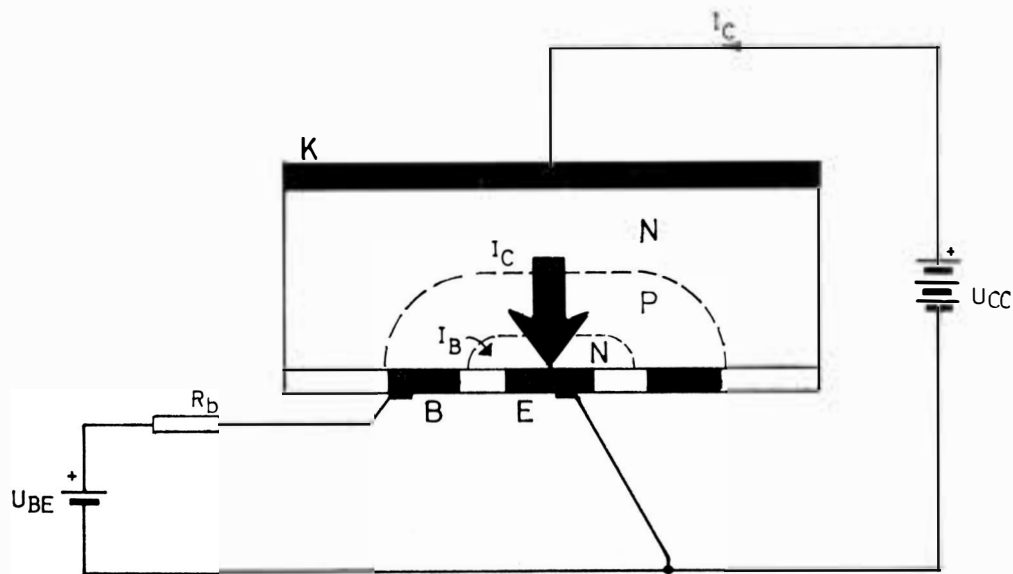


Fig. 15.8 Kollektorströmmen I_C i en transistor styrs av basströmmen. Kollektorströmmen är 50–500 ggr starkare än basströmmen men utgör en "förstärkt kopia" av basströmmen.

in i basskiktet, attraheras av den negativt laddade kollektorn och man får i PNP-transistorn liksom i NPN-transistorn en viss strömförstärkning i det att strömmen mellan kollektor och emitter är 50–500 ggr starkare än basströmmen, dvs. strömmen mellan bas och emitter.

På samma sätt som fallet är med NPN-transistorn, kan man i en PNP-transistor styra strömmen mellan kollektor och emitter, dvs. kollektorströmmen I_C med basströmmen i det att kollektorströmmen är en trogen ehuru förstärkt kopia av basströmmen.

Schemat i fig. 15.10 visar en transistorförstärkare med ett belastningsmotstånd R_k inkopplat mellan kollektorn och kollektorbatteriet. Då R_k passeras av kollektorströmmen, uppstår det över R_k ett spänningsfall, som varierar i takt med kollektorströmmens variationer: Dessa spänningsvariationer utgör en trogen kopia av de variationer som föreligger i den styrande basströmmen.

Den signalspänning som skall förstärkas påläggs mellan bas och emitter, utgångsspänningen tas ut mellan kollektor och emitter. En

blockeringskondensator, C_k , släpper fram växelspänningen men isolerar batterispänningen U_{CC} från utgången. I denna koppling är emittern gemensam elektrod för in- och utspänning. Kopplingen kallas därför gemensam-emitterkoppling; det är den vanligaste kopplingen för transistorer.

Typiskt för de bipolära transistorerna är att resistansen mellan bas och emitter är ganska lågohmig, ca 5—25 kohm för småsignaltransistorer. Typiskt är också att transistorn, när det gäller förstärkning av signaler, måste arbeta vid en viss "viloström".

Man brukar hålla denna viloström, som flyter genom en småsignaltransistor mellan kollektor och emitter, omkring 1 mA. Eftersom man har 50—500 ggr strömförstärkning i transistorer, skall därför basströmmen vara av storleksordningen $1/50 \text{ mA} = 20 \mu\text{A}$ och $1/500 \text{ mA} = 2 \mu\text{A}$. För att få en basström av denna storleksordning får man — om man har 9 V arbetsspänning — som är ett vanligt värde för småsignaltransistorer — sätta in ett basmotstånd R_b mellan $9/20 = 0,45$

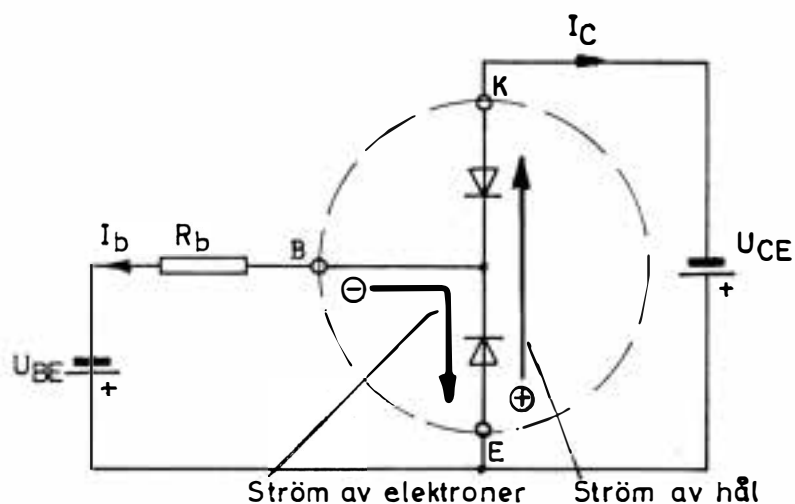
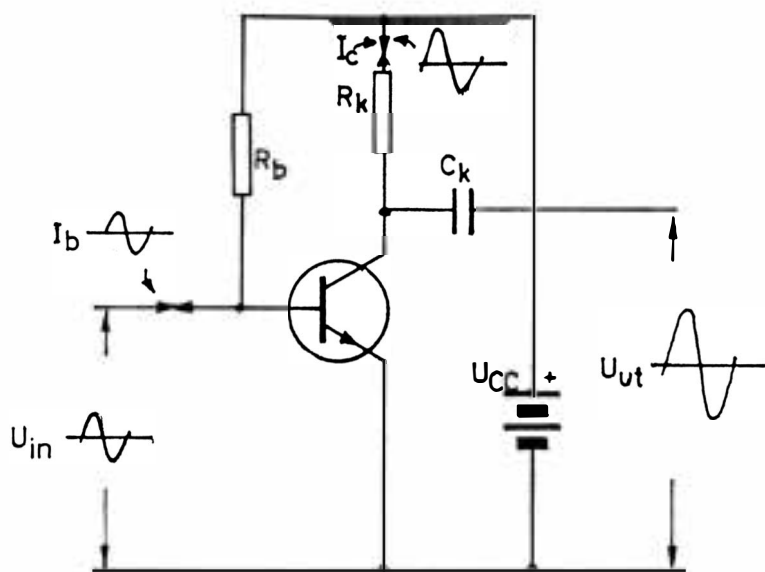


Fig. 15.9 En PNP-transistor kan uppfattas som två motvända seriekopplade halvledardioder som har katoderna sammankopplade = basen i transistorn. De två anoderna utgör kollektor resp. emitter. Om bas-emitterdioden förspännes i framriktningen vid ett basmotstånd R_b så att en basström I_b uppstår, orsakar detta en kollektorström I_c uppbyggd av hål som går från emitter till kollektor. I_c är mycket starkare än I_b . I_c är direkt proportionell mot I_b och varierar när I_b varierar. Jfr fig. 15.7.



och $9/2 = 4,5$ Mohm. Resistansen mellan bas och emitter är ju så låg-ohmig — några hundra ohm — att man helt kan bortse från den.

Observera att man inte som i fig. 15.7 och 15.8 behöver ett separat batteri för basförströmmen, man kan använda samma spänningskälla som för spänningen mellan kollektor och emitter.

Unipolära transistorer

Bland de unipolära transistorerna skiljer man mellan s. k. *fälteffekt-transistorer* och s. k. *MOS-transistorer*, av vilka de förstnämnda ännu är vanligast. Liksom i de bipolära transistorerna ingår två olika halvledarmaterial av N- resp. P-typ i de unipolära transistorerna, men till skillnad mot de bipolära transistorerna är "mellanskiktet" i de unipolära transistorerna utformat som en slags kanal som i sina båda ändpunkter avslutas med metallektroder, kollektor resp. emitter (kallas även "Drain" eller "D-elektrod" resp. "Source" eller "S-elektrod"). En tredje elektrod, styrelektroden eller grindelektroden, den kallas också "styret", är anbringad så att den tillsammans med en basplatta bildar ena belägget i en "halvledarkondensator", se kap. 11. Det andra belägget i denna "kondensator" bildas av mittkanalen. Fig. 15.11.

Finessen med detta arrangemang är att man genom att lägga olika förspänning i spärriktningen över den nyss omnämnda halvledarkondensatorn får olika bredd hos spärrskiktet. Därmed kan man variera bredden av halvledarkanalerna mellan kollektorn och emittern. Fig. 15.12. Man kan då styra den ström som går från kollektor till emitter

Fig. 15.11 En fälteffekttransistor är uppbyggd med en kanal av N- eller P-ledande material inbakad i ett halvledarmaterial av motsatt polaritet. Fälteffekttransistorn kan uppfattas som en enda i backriktningen förspänd diod i vilken ström passerar i katodens "längdriktning", dvs. i den av N- eller P-material uppbyggda halvledarkanal från emitter ("Source") till kollektor ("Drain").

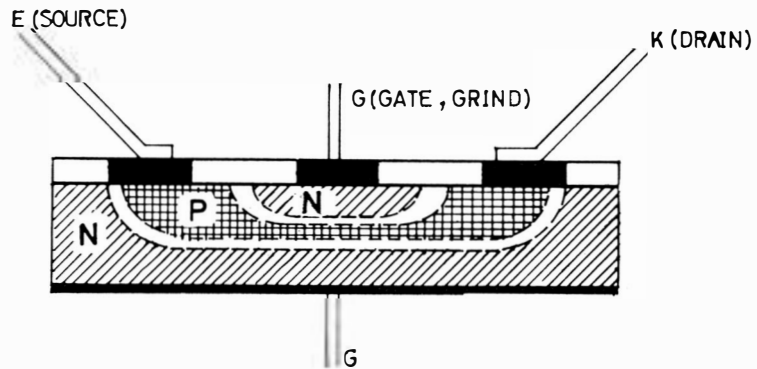
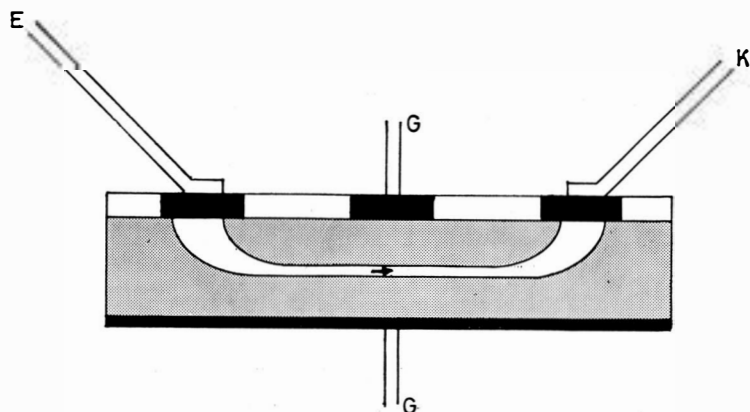
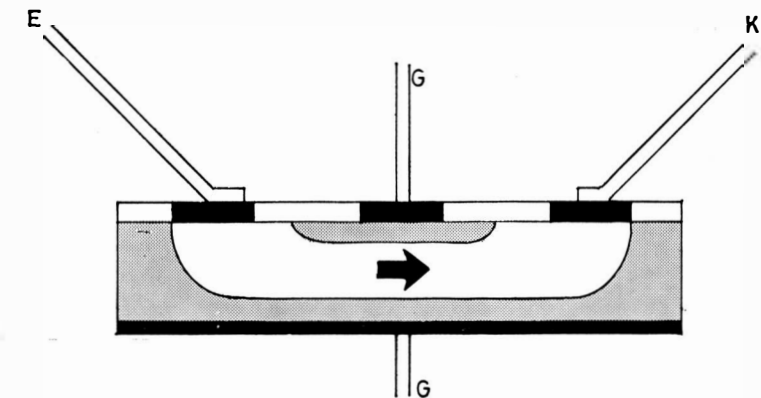


Fig. 15.12 En fälteffekttransistors verkningsätt baseras på att det spärrskikt som utbildas mellan den i halvledarmaterialet inbyggda kanalen med N- eller P-halvledarmaterial och halvledarmaterialet i övrigt som är av motsatt typ, P resp. N, varierar då spärrspänningen över skiktet varierar. Strömmen i kanalen, I_c , blockeras då mer eller mindre. Överst: låg spärrspänning U_{GS} , nederst, hög spärrspänning U_{GS} . U_{GS} betecknar spänningen mellan grindelektrod G och S-elektrod (= emitter E).



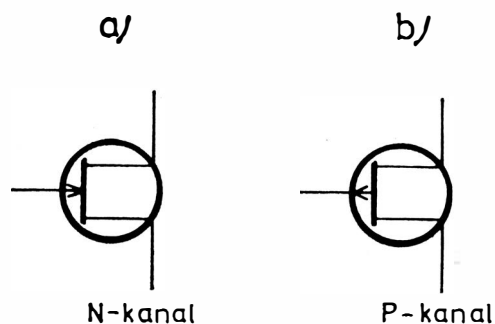


Fig.15.13 Allmänna schemasymbolen för fälteffekttransistor med a) N-kanal b) P-kanal.

(om det är en halvledarkanal av N-typ) eller från emitter till kollektor (om det är en halvledarkanal av P-typ). Det intressanta är att man kan utföra denna styrning med en styrspänning, inte med en styrström som fallet är i den bipolära transistorn. Man har med andra ord en höghögmig styrspänningskrets. Symbolen för fälteffekttransistor visas i fig. 15.13.

Inkopplas ett belastningsmotstånd R_k i kollektorkretsen för en fälteffekttransistor, uppstår det när kollektorströmsändringar uppträder ett spänningsfall över R_k som varierar i takt med kollektorströmmens variationer. Dessa spänningsvariationer utgör en trogen kopia av de variationer som föreligger i den styrande växelspänningen mellan styre och emitter.

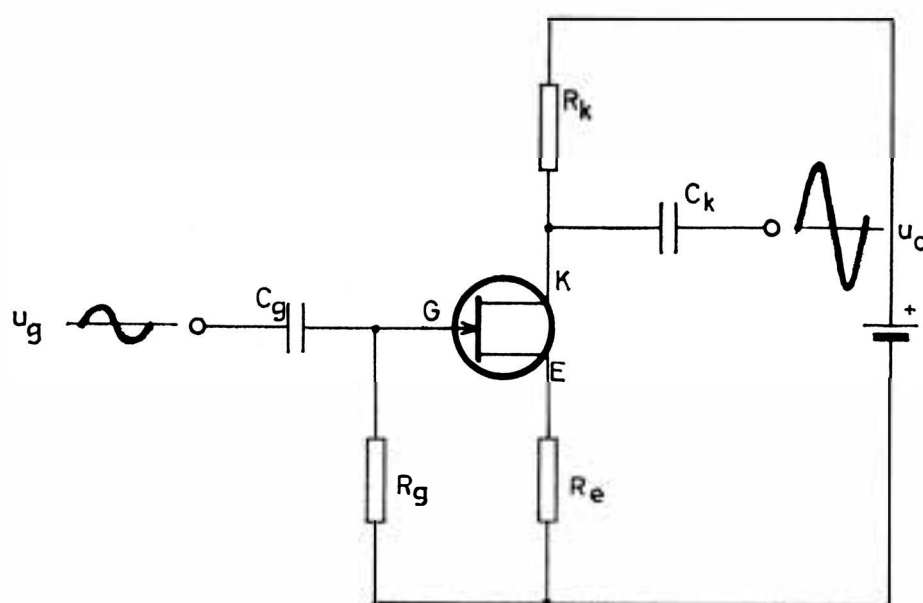


Fig. 15.14 Schema för förstärkarsteg med fälteffekttransistor med N-kanal.

Ett schema för ett förstärkarsteg med en fälteffekttransistor visas i fig. 15.14. Om vi jämför schemat med motsvarande schema för ett förstärkarsteg med en bipolär transistor i fig. 15.10 finner vi en hel del likheter. Vi kan lägga märke till att ett motstånd R_e är inlagt i emitterkretsen. Spänningsfallet över detta som uppstår när det passerar av strömmen genom fälteffekttransistorn orsakar att emittern blir positiv i förhållande till styrelektroden, som via motståndet R_g är ansluten till "jordänden" av motståndet R_e . Detta ger styrelektroden en viss negativ förspänning i förhållande till emittern, vilket är nödvändigt för att fälteffekttransistorn skall få erforderlig spärrspänning mellan styret och halvledarkanalen.

Man brukar för fälteffekttransistorer ange "förstärkningsförmågan" med den kollektorströmsändring ΔI_C som vid $R_k = 0$ ohm uppstår för en viss ändring i styrspeänningen ΔU_{GS} mellan styre och emitter.

Förhållandet $\Delta I_C / \Delta U_{GS}$ benämns transistorens branthet och anges i t. ex. mA/V. Ett vanligt värde på brantheten för en fälteffekttransistor är 4 mA/V.

Fälteffekttransistorer förses med liknande höljen som används för transistorer av bipolär typ.

Effekttransistorer

Effekttransistorer är alltid av bipolär typ och har i princip samma uppbyggnad som bipolära transistorer av småsignaltyp. Kiselskivor

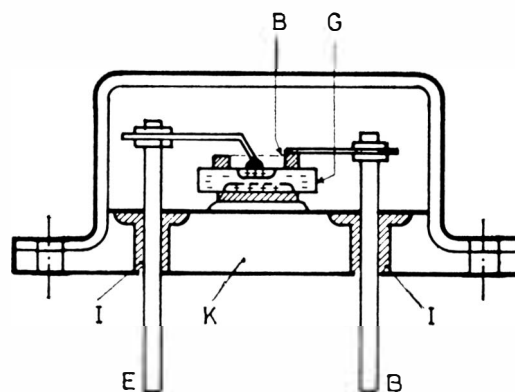


Fig. 15.15 Genomsnitt av effekttransistor. B = baskontakt, G = kiselskiva, K = "kollektorplåt" direkt förbunden med kollektorn, I = isolerande genomföringar för emitter (E) och bas (B).

och tillledningstrådar är emellertid kraftigare i effekttransistorerna. För att underlätta värmeavledningen är oftast kollektorn direkt metalliskt förbunden med metallhöljet. Fig. 15.15. Via isolerande bussningar (I) leds tillledningstrådar för bas B resp. emitter E in i höljet där kontakter är anordnade till emitter respektive bas. Den senare har ofta kontakten anordnad som en ring på germaniumskivan.

I fig. 15.16 visas hur ett hölje för effekttransistorer ser ut. Den stora plana undersidan av metall är avsedd att läggas an mot lämplig kylplåt. Genom att kollektorn i effekttransistorn vilar direkt mot bottenplattan erhålls en god värmeledning från kollektorn via bottenplattans metall till kylplåten.

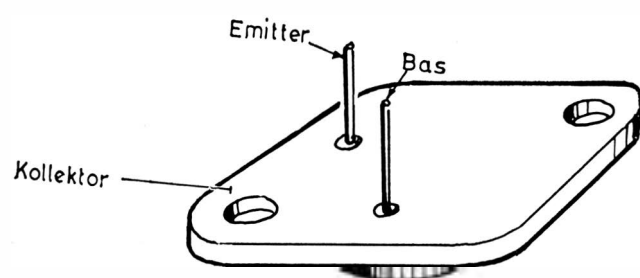


Fig. 15.16 Effekttransistor sedd underifrån.

16. Schemasymboler och principscheman

Schemasymbolerna tillhör radioteknikens ABC. Måste man kunna utantill!

Vi har i tidigare kapitel stött på en del olika schemasymboler, som utnyttjas för att representera radiotekniska komponenter av olika slag, t. ex. motstånd, kondensatorer, induktansspolar, transformatorer, halvledardioder och transistorer.

Man kan säga att symbolerna utgör en starkt förenklad eller stilerad funktionsbeskrivning för de olika komponenterna. Exempelvis kondensatorn med sina två belägg åtskilda av ett mellanrum motsvarar ju direkt kondensatorns principiella uppbyggnad. På samma sätt påminner symbolen för induktansspolen om de trådvarv varav spolens tråd är upplindad. Halvledardiodens pil som vilar mot ett tvärställt streck antyder åskådligt den riktning i vilken strömmen går i diodens ledriktning. Osv.

Principscheman

De schemasymboler som vi delvis redan gjort bekantskap med sammanställs när det gäller kompletta apparater till s. k. principscheman. I dessa scheman förbinds symbolerna med streck, som representerar de förbindningstrådar som dras mellan komponenterna. Strecken representerar när det gäller foliekort de folieledningarna som är utetsade i kortens kopparfolie. Fig. 16.1 och 16.2. Punkter på strecken anger lödställen.

Principscheman har till uppgift att visa hur en apparat är upp-

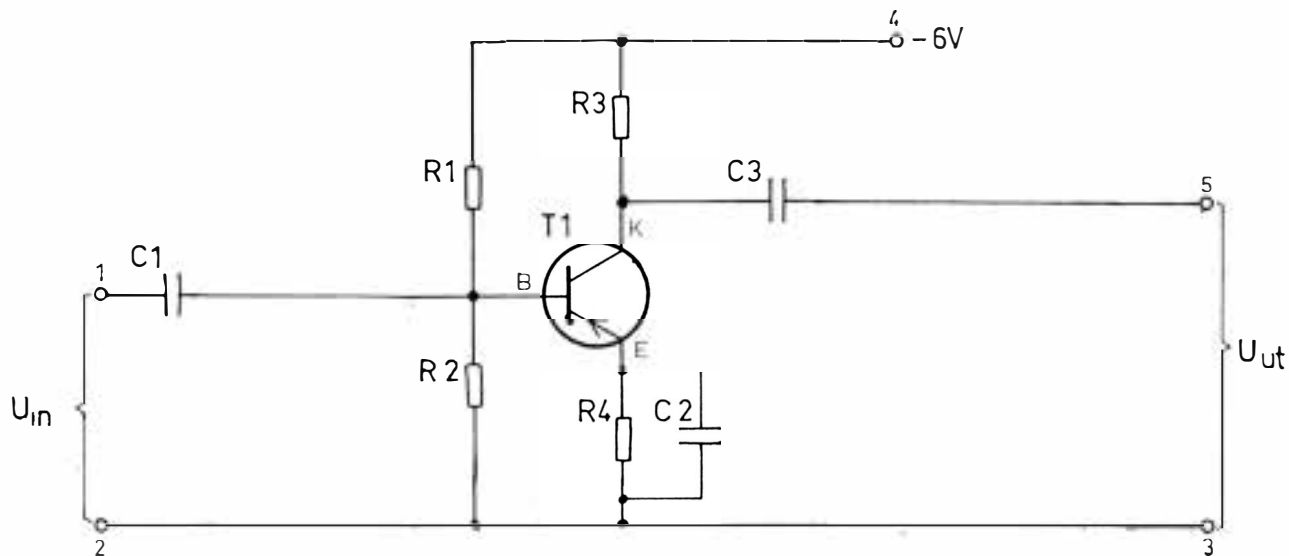


Fig. 16.1 Principschema för förstärkarsteg. +6V är ansluten till ledningen längst ner (mellan punkterna 2 och 3).

byggd ”i princip”, sådana scheman ger därför den initierade anvisningar om hur apparaten fungerar. Däremot saknas det ju i dessa scheman mera detaljerade anvisningar om hur komponenterna är placerade och hur ledningsmönstret mellan komponenterna ser ut. Principskemana är alltså att betrakta som ”funktionsbeskrivande” scheman, som beskriver apparatens principiella arbetssätt.

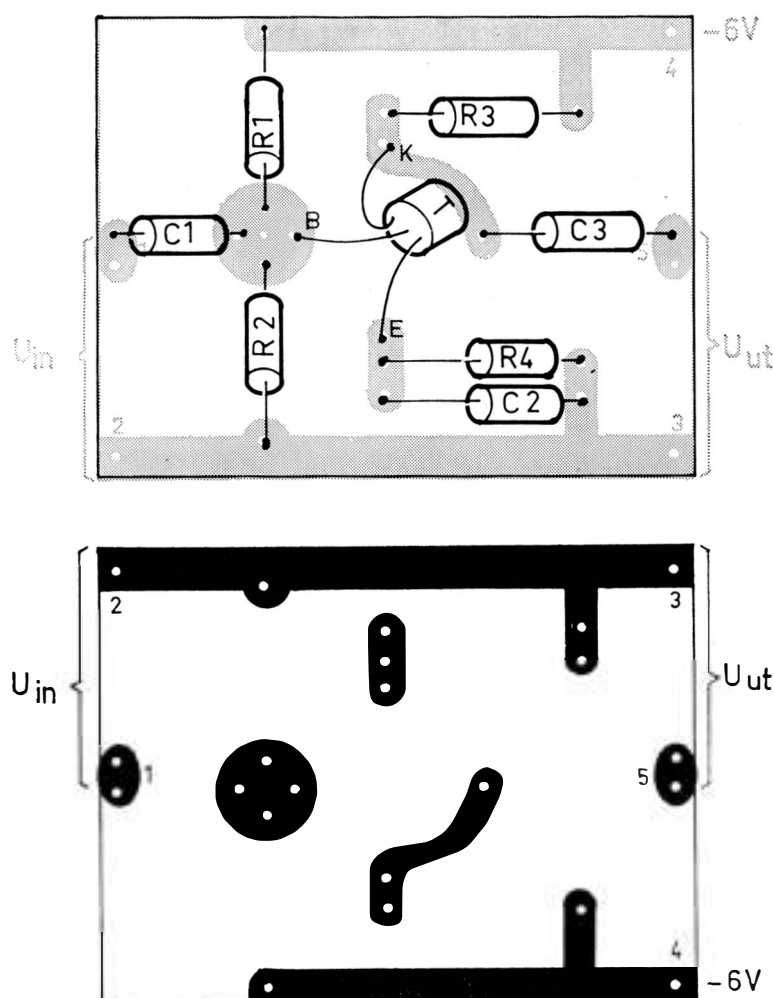
Det fordras viss övning innan man kommer underfund med hur man skall läsa principalscheman. Det finns emellertid en del oskrivna regler om hur principalscheman skall ritas, som det kan vara bra att känna till. Sålunda brukar man — dock långtifrån alltid — rita principalscheman så, att ingångsklämmorna för signalen, t. ex. från antennen, läggs längst till vänster i schemat. Man läser alltså schemat från vänster till höger ungefär som man läser raderna i en bok. Utgångsklämmorna för utsignalen, t. ex. till en hörtelefon, ritas i allmänhet längst till höger i schemat.

Vidare kan nämnas att man i principalscheman brukar rita ut transistorerna ungefär mitt emellan två strömskenor, den ena för plus den andra för minus arbetsspänning, t. ex. + och – på ett batteri.

Transistorernas kollektorer brukar ritas uppåt, emitterna nedåt. Kollektormotstånd och emittermotstånd ritas mellan transistorerna och respektive strömskenor. Fig. 16.1.

Redan principschemat ger sålunda en antydning om hur en apparat skulle kunna se ut t. ex. på ett kretskort. Många gånger måste emellertid kretskort utformas på ett sätt som starkt avviker från principschemats layout för att komponenterna skall få plats och bli lätta att montera, och man brukar av denna anledning, när det gäller radio-tekniska konstruktioner, komplettera principschemat med en ritning för komponenternas placering på kretskortet. Ofta låter man därvid kretskortets ledningsmönster "lysa igenom" så att man skall kunna orientera sig på kretskortet beträffande ledningsdragning, lämpliga mätpunkter m. m. Fig. 16.2.

Fig. 16.2 Förstärkarsteg enligt fig. 16.1 med komponenterna monterade på ett kretskort. Bilden förtydligad med den på kretskortets motsatta sida etsade "ledningsdragningen".



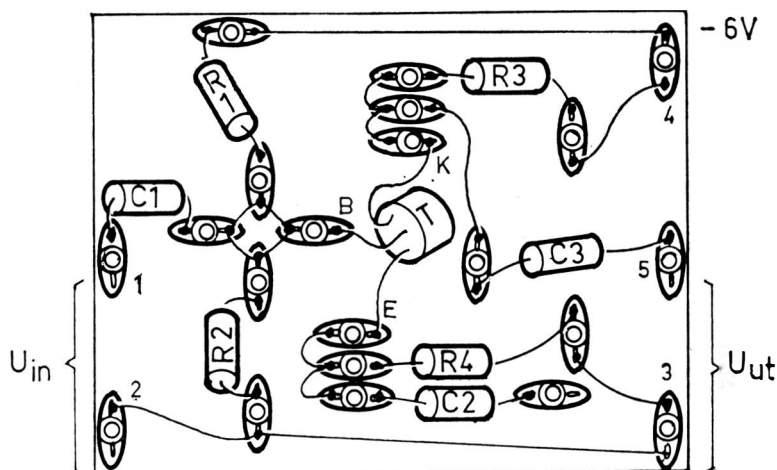


Fig. 16.3 Förstärkarsteg enligt fig. 16.1 med komponenterna monterade på monteringsplatta, som därvid får detta utseende, sedd från komponentsidan.

På komponentplaceringsritningen markeras komponenterna inte med schemasymboler utan med ytterkonturerna och med anslutningsledningar och lödställen markerade. På komponenterna anges samma komponentbeteckningar R1, R2, C1, C2 som utnyttjas på motsvarande komponenter i principschemat och komponentförteckningen (stycklistan). I placeringsritningen visas kretskortet från komponentsidan. Där ser man i vilka hål komponenternas tillledningstrådar skall stickas in på kretskortet.

En komplett byggbeskrivning av en radioapparat omfattar sålunda:

1. principschema som visar hur apparaten fungerar,
2. anvisningar om hur apparaten skall vara uppbyggd; om detta får man upplysningar i en placeringsritning och i ev. chassiritningar,
3. komponentförteckning, som ger uppgifter om komponenternas data, resistans, kapacitans, induktans, arbetsspänningar m. m.

De olika symboler som utnyttjas för komponenterna i radioapparater måste man lära in ordentligt, om man skall kunna läsa principscheman och kunna koppla efter dem. Tabellen på s. 206—213 upptar de vanligaste radiotekniska symbolerna jämte teckningar som visar hur de olika komponenterna *kan* ta sig ut i verkligheten. Vidare anges hur man tolkar tillledningstrådar m. m. i dessa.

De flesta symbolerna kräver knappast ytterligare förklaringar; exempelvis för omkopplare är ju verkningssättet tämligen uppenbart, likaså för strömställare av olika slag.

Transistorsymbolen kan förefalla en smula egendomlig men är historiskt betingad. Från början utfördes nämligen transistorerna i form av två metallspetsar (=kollektor och emitter), som vilade an mot en halvledarskiva, "basplattan". Symbolen har sedan dess bibehållits trots att transistorerna numera har en helt annan fysikalisk uppbyggnad (se kap. 15). Numera har ju transistorerna formen av plana kiselplattor, i vilka N- och P-ledande områden, som motsvarar bas-, emitter- och kollektorområdena, åstadkommes genom s. k. diffusion. Någon basplatta finns sålunda inte längre i våra dagars transistorer, men fortfarande talar man om transistorns bas, när man avser det halvledarområde i transistorkristallen som utnyttjas för styrningen.

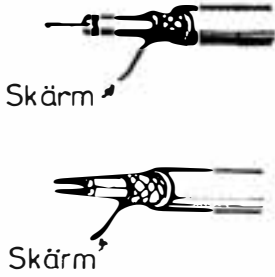
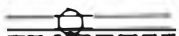
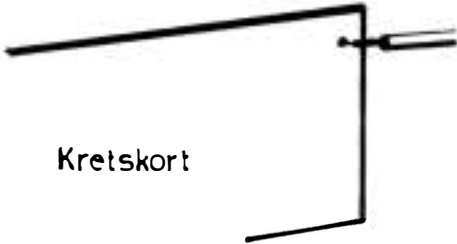
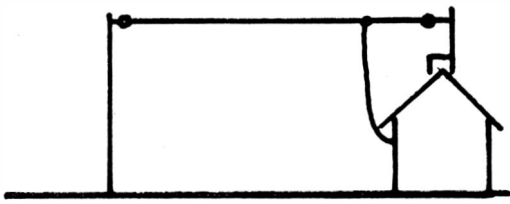
Ett par kommentarer beträffande antennsymbolerna kan också vara på sin plats.

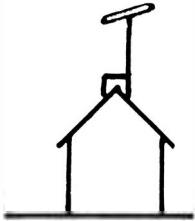
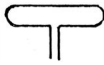
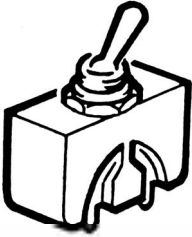
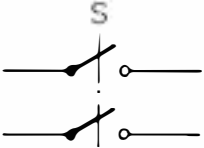
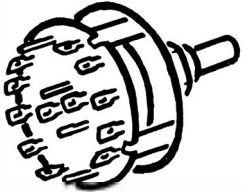
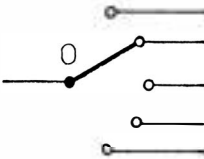
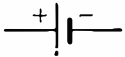
För ferritantenner används en symbol som påminner om den som används för induktansspolar, och i själva verket är ju en ferritantenn att betrakta som en sådan. Ferritantennen ritas ofta med särskilt lång kärna, vilket den ju också har i verkligheten.

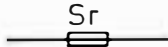
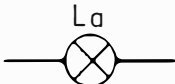
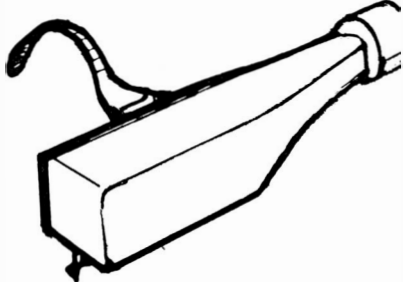
För den vanliga öppna antennen används en symbol som anknyter till de luftledningar som i radions barndom utnyttjades som antennanläggningar.

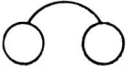
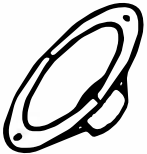
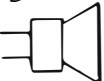
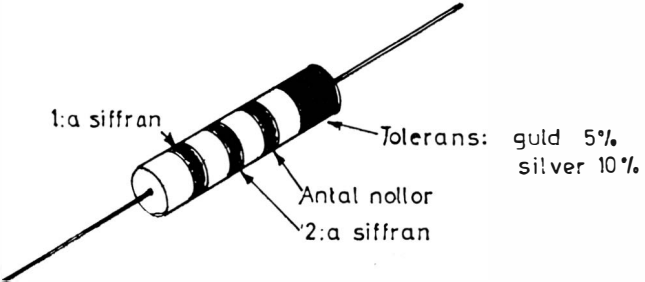
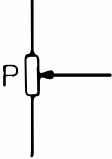
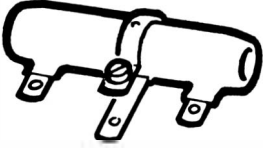
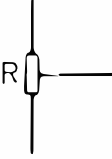
Från principschema till kretskort

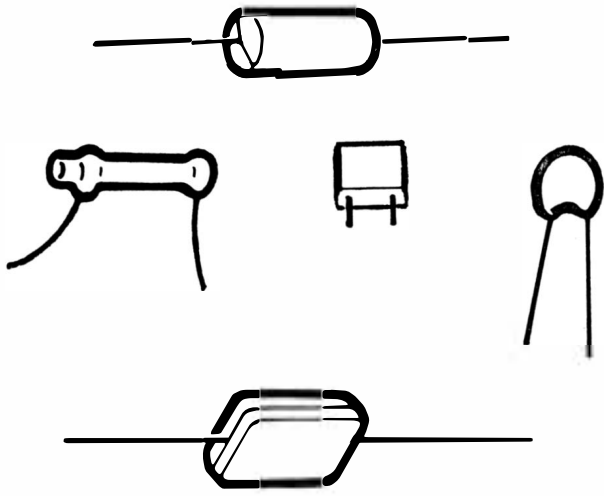
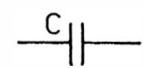
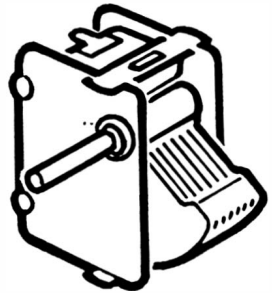
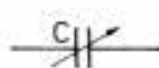
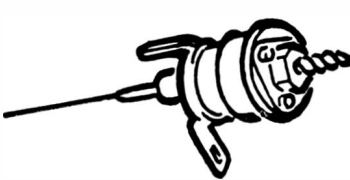
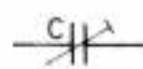
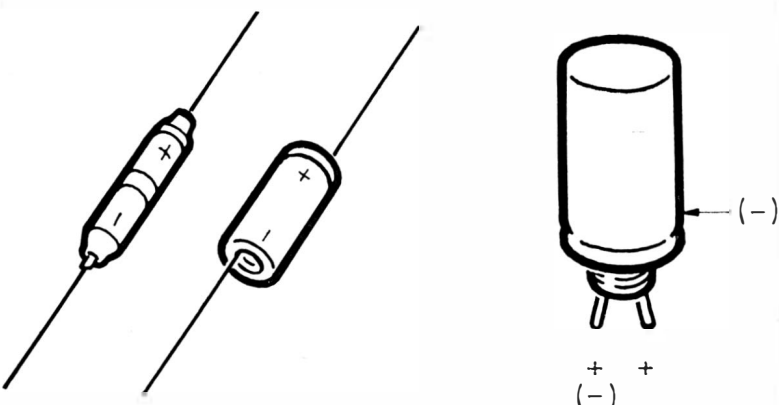
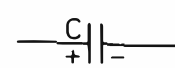
Ett principschema kan oftast utnyttjas direkt för en provisorisk uppkoppling av en apparat, om man utför uppkopplingen på en kopplingsplint eller på en monteringsplatta. Man kan då t. o. m. rita upp schemat i full storlek direkt på plattan och borra upp hål för de olika komponenterna, i stort sett så som principschemat ser ut på papperet. Förbindningarna görs sedan på baksidan mellan de olika lödstift som

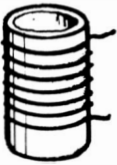
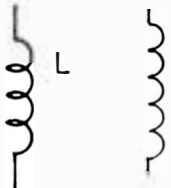
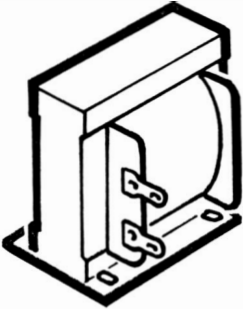
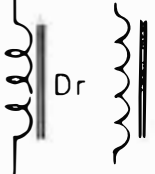
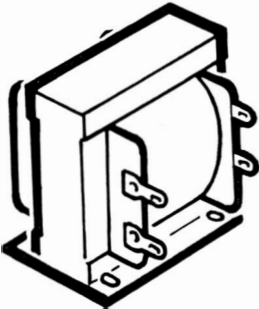
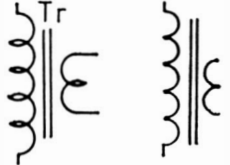
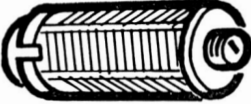
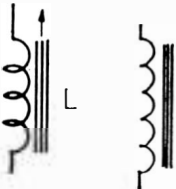
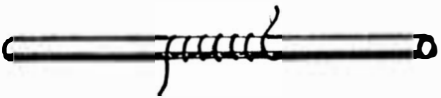
	Skärmad ledare  Skärmad dubbelledare 
	Anslutningspunkt 
	Kontakthylsa 
	Kontaktstift 
	Öppen antenn 

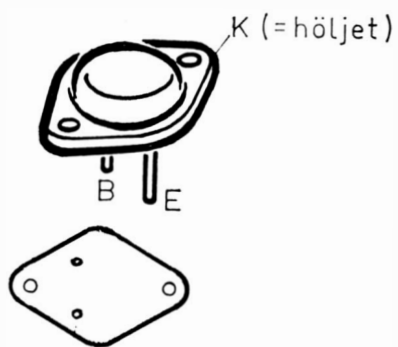
	Omviikt dipol  Dipol 
	Strömbrytare 
	Omkopplare 
	Batteri B 
	Batteri B 

	Säkring 
	Indikatorlampa 
	Voltmeter  ~ Växelspänning = Likspänning Amperemeter  ~ Växelström = Likström
	Mikrofon 
	Pick-up 

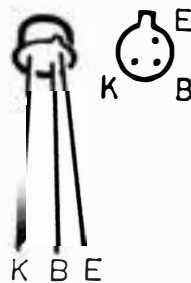
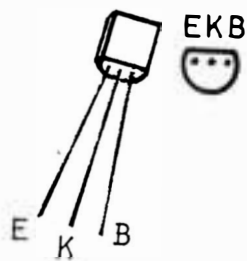
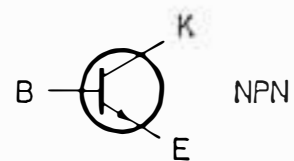
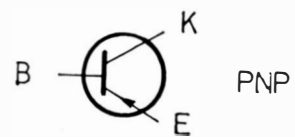
	Hörtelefon 
	Högtalare 
	Motstånd 
	Potentiometer 
	Motstånd med uttag 

	Kondensator 
	Vridkondensator 
	Trimkondensator 
	Elektrolytkondensator 

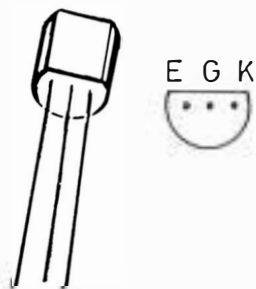
	Induktansspole 
	Induktansspole med järnkärna 
	Transformator 
	Induktansspole med trimbar kärna 
	Ferritantenn 



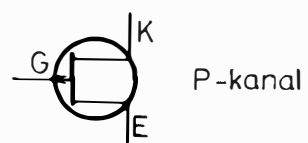
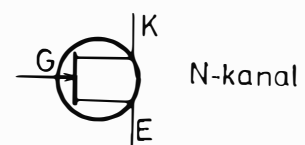
Transistor

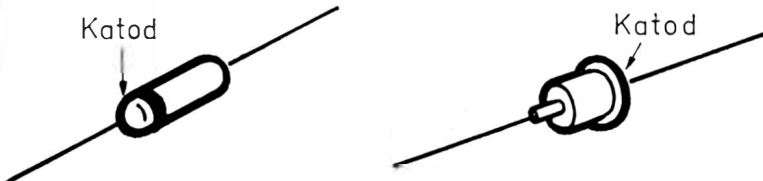
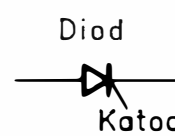
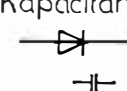
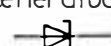
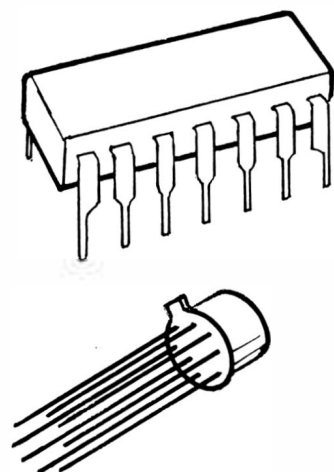
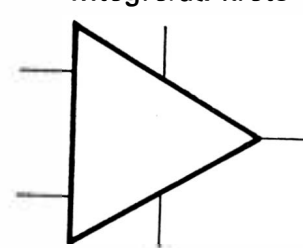


Fälteffekttransistor



Fälteffekttransistor



	Diod 
	Kapacitansdiod 
	Zenerdiod 
	Integrerad krets 
	Kvartskristall 

man placerar ut där. Eventuellt kan inlödning ske direkt mellan komponenternas tillödningstrådar. Den metoden tillämpas oftast vid experimentuppkopplingar, innan en apparat har kommit över första experimentstadiet. Nästa steg brukar i allmänhet vara att man tillverkar ett kretskort för att få en snyggare och mera permanent uppbyggnad för apparaten.

I och för sig är det naturligtvis inte nödvändigt att använda foliekort vid experiment med radioteknisk eller elektronisk apparatur. När det gäller experimentbyggen kan det tvärtom vara lämpligt att ha komponenterna provisoriskt uppkopplade på monteringsplattor. Det är lättare att utföra ändringar i en koppling på en sådan platta än om man arbetar med mer "definitiva" kretskort. En kompromiss är att använda s. k. universalkretskort, där man kan förbinda komponenterna i olika kombinationer beroende på hur man löder in dem till det fasta ledningsmönstret på kortet; detta ledningsmönster är ju utformat så att det medger ett stort antal kopplingsmöjligheter.

17. Bygg in förstärkning i lokalmottagaren

genom att förstärka antingen "högfrekvensen" före detektorn eller "lågfrekvensen" efter detektorn.

I detta kapitel skall vi visa hur man bygger in förstärkning i den lokalmottagare, med halvledardiod, som vi beskrev i kap. 13.

Vi skall utföra denna utbyggnad i två etapper. I den första skall vi bygga ett högfrekvenssteg, ett "HF-steg", före halvledardioden och se vad detta åstadkommer i fråga om ökad känslighet hos mottagaren. I en andra etapp skall vi bygga ett lågfrekvensförstärkarsteg, ett "LF-steg", som ger ytterligare förstärkning och som gör det lättare att avlyssna programmet i hörtelefonen.

Vad som menas med högfrekvens- respektive lågfrekvenssteg har vi redan genomgått i kap. 15.

Till denna utbyggnad har vi redan tagit hänsyn när vi byggde lokalmottagaren med halvledardiod. Det finns sålunda plats både för ett HF-steg och ett LF-steg på samma universalkretskort som användes för lokalmottagaren.

Vi förstärker "högfrekvensen"

Principschema för ett enkelt HF-steg med en fälteffekttransistor visas i fig. 17.1. HF-steget är inkopplat mellan den avstämda kretsen med HF-transformatorn $L_1 + L_2$ och halvledardioden. Signalen som erhålls över den avstämda kretsen påförs mellan styre och source (emitter) på en fälteffekttransistor. (Se kap. 15.) Eftersom fälteffekttransistorn är höghmig på ingången, behöver vi inte utföra någon

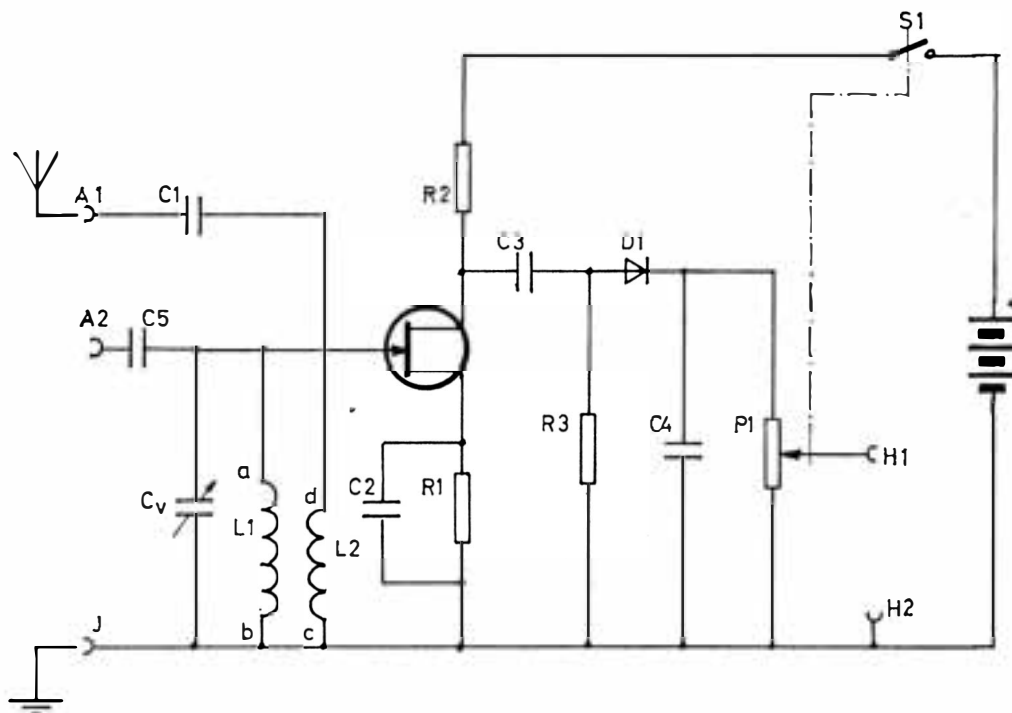


Fig. 17.1 Principscema för lokalmottagaren beskriven i kap. 13 kompletterad med ett HF-steg med fälteffekttransistor.

Stycklista till enkel lokalmottagare med HF-steg

C1 = C5 = 100 pF, ker. 100V
 C2 = C3 = C4 = 10 nF, ker. 100V
 Cv = 0–400 pF variabel kondensator med glimmerisolering
 L1 + L2 = avstämningsspole, se texten.
 R1 = 1 kohm, 1/2 W
 R2 = R3 = 4,7 kohm, 1/2 W
 P1 + S1 = 10 kohm, pot. linj. med strömbrytare
 T1 = transistor fälteffekt N-kanal TIS43, MPF102
 D1 = diod, germanium för signallikriktning HF.
 Ex AA112, AA117, AA134
 1 universalkretskort CC12

Modulchassienheter m. m.

1 st. bottenplåt, perforerad aluminium 1,5 mm med uppvikta kanter 20×10 cm
 1 st. frontpanel 5×20 cm
 1 st. bakpanel 5×20 cm

- 1 st. överstycke $5 \times 20 \times 10$ cm
- 2 st. fogdon
- 2 st. rattar
- 2 m kopplingstråd, plastisol. förtent 0,5 mm
- 2 dm förtent koppartråd blank 0,7 mm
- 13 m lackerad koppartråd 0,20 mm
- 1 st. spolstomme 15 mm diam. 55 mm lång
- Hörtelefon, 2 kohm
- 2 st. ficklampsbatterier, 4,5V
- 6 st. bananhylsor, isol. montage
- 1 st. skruv M3 $\times$ 30 med mutter och bricka
- 4 st. skruvar M3 $\times$ 6 med mutter
- 8 st. skruvar M3 $\times$ 10 med mutter
- 4 st. plåtskruvar
- 4 st. gummifötter

impedanspassning (se kap. 12) mellan den avstämda kretsen och transistorn utan kan i stället transformera upp spänningen från antennen innan den påförs den avstämda kretsen (inte nedtransformering till en tredjedel som vid vår i kap. 13 beskrivna lokalmottagare). På det sättet får vi redan på ingången av HF-steget en signalspänning som är 9 ggr högre än den vi hade till förfogande i detektor-mottagaren.

Verknings sättet för ett förstärkarsteg med fälteffekttransistor har behandlats i kap. 15, och här skall därför endast ges några kommentarer beträffande transistorns arbetspunkt.

Emittermotståndet R1 på 1 kohm är insatt för att vid 1 mA kollektorström åstadkomma ca 1 V negativ förspänning på styret. För att förhindra att den signalspänning som uppträder över emittermotståndet (den av transistorn förstärkta signalströmmen passerar ju emittermotståndet) skall motverka den påförda ingångsspänningen (genom s. k. motkoppling) överkopplas emittermotståndet med en kondensator C2 som har lågohmig reaktans vid radiofrekvens. 10 nF ger vid 300 kHz ca 50 ohms reaktans, vilket effektivt håller nere den motkopplade spänningen.

Kollektormotståndet R2 är valt så att kollektorviloströmmen skall ge ett spänningsfall över detta som blir $\approx$ spänningen mellan kollektor

och emitter på transistorn. Detta inträffar under förutsättning att kollektorströmmen verkligen är ca 1 mA. Skulle kollektorströmmen avvika mycket från 1 mA (fälteffekttransistorer uppvisar stora skillnader i data från exemplar till exemplar) kan man korrigera detta genom att ändra resistansen i R1. Det kan bli nödvändigt att öka R1 till 2,2, 3,3 eller t. o. m. 4,7 kohm för att spänningen över R2 skall bli lika stor som spänningen mellan kollektor och emitter på transistorn.

I detta sammanhang kan nämnas att man sällan bryr sig om att ”bryta upp” ledningar för att kontrollera att strömmen i ledningen håller önskat värde. Det är ju alltid besvärligt att löda upp förbindelsepunkter.

I stället kontrollerar man strömmen i en krets genom att mäta upp det spänningsfall som uppstår över ett motstånd med känd resistans som ingår i kretsen. I detta fall kan man mäta spänningsfallet antingen över R1 eller över R2. Sedan räknar man med Ohms lag lätt ut vilken ström som motsvarar det uppmätta spänningsfallet. Ohms lag *måste* man kunna, den är när det gäller radiotekniskt experimentarbete lika viktig som multiplikationstabellen!

Mät upp spänningen över R2 med ett vanligt universalinstrument. Spänningen skall vara 3—4 V.

Man kan klara sig utan mätinstrument genom att man provar med några olika resistansvärden för R1 samtidigt som man lyssnar på lokalsändaren eller någon annan sändare. Det motstånd som ger bästa resultat löds in.

Fig. 17.2 visar hur lokalmottagarens frontpanel kompletteras med en volymkontroll P1 kombinerad med en strömbrytare S1. Vidare visas hur man på bottenplattan anbringar ett stöd för de ficklampsbatterier som skall användas för att leverera arbetsspänning till fälteffekttransistorerna.

I fig. 17.3 visas komponentplaceringen för kretskortet i kap. 13 kompletterad med HF-steg enligt fig. 17.1. Samma spolar L1 och L2 används, dock utnyttjas här lindningen L2 som ”antennspole”.

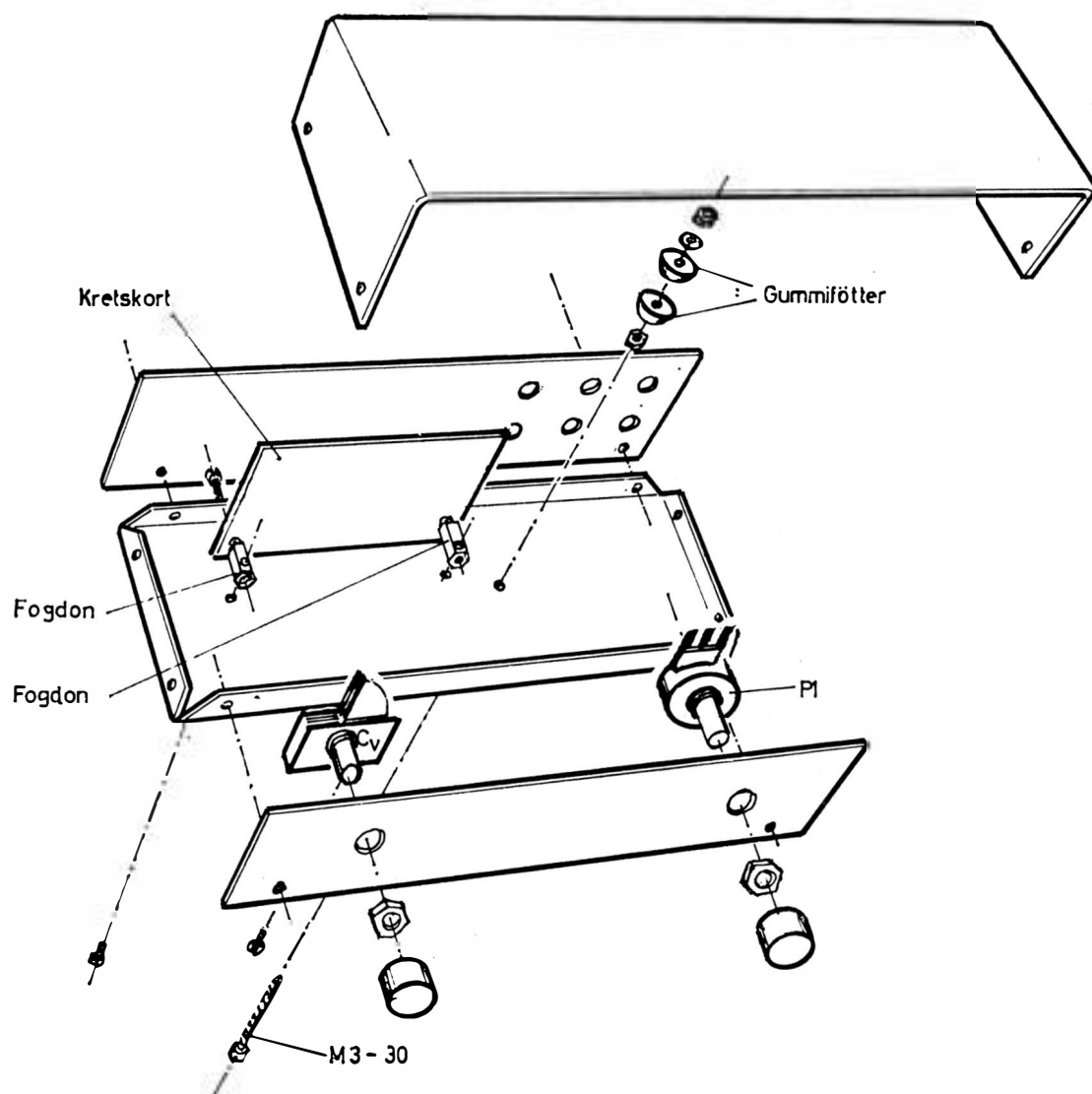


Fig. 17.2 Denna sprängskiss visar hur lokalmottagaren kompletteras med en volymkontroll P1 och ett stöd för de två ficklampsbatterier som skall användas för att ge erforderlig arbetsspänning till apparaten.

Fig. 17.4 visar hur kretskortet ansluts till antenn- och jordklämmorna på bakpanelen och till avstämningskondensatorn Cv och volymkontrollen P1 på frontpanelen. Vidare visas här hur man ordnar med strömförsörjningen: man kopplar ihop två ficklampsbatterier i serie, + på ena batteriet förbinds med - på andra genom att en förtent koppartråd löds mellan polerna. Därefter ansluter man via

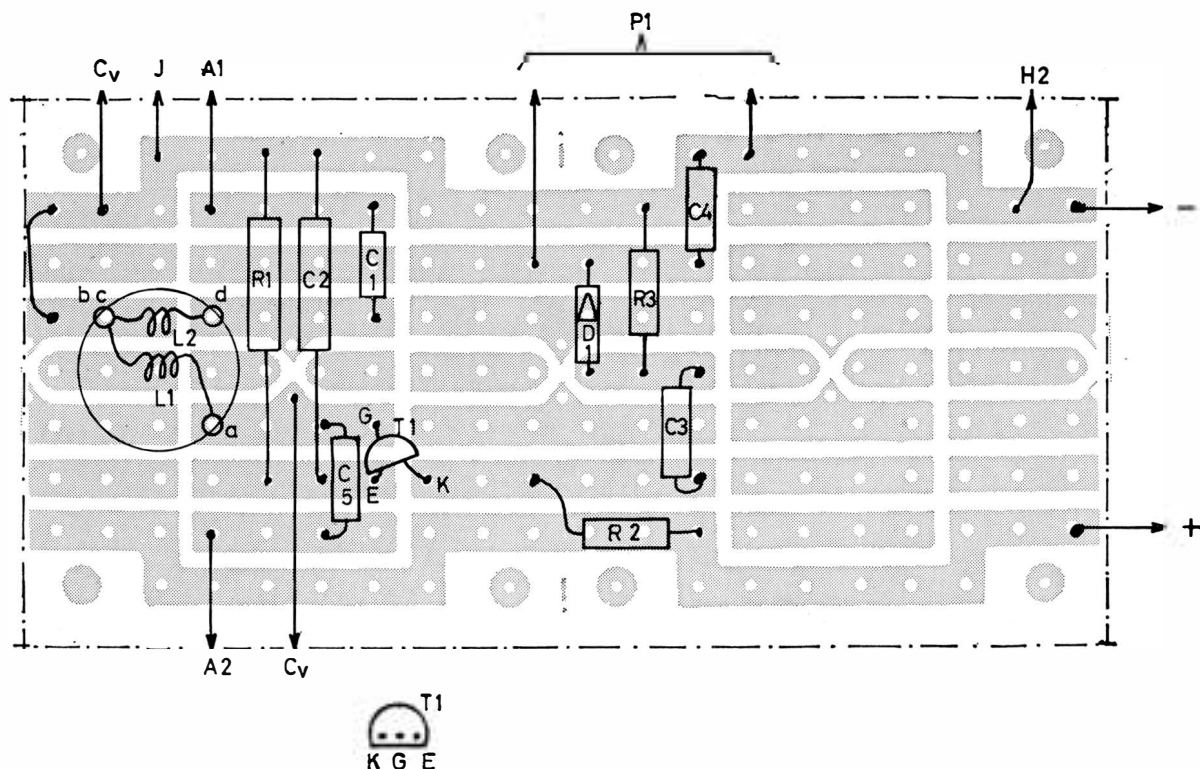


Fig. 17.3 Komponentplaceringen för mottagarens kretskort kompletterat med HF-steg. Underst tilldelningstrådarna för fälteffekttransistorn sedd underifrån. Obs. Kretskortet visas från komponentsidan men ledningsmönstret "lyser igenom".

batteriskruvklämmor de två fria polerna, + på ena batteriet och – på det andra, till den på volymkontrollen anbringade strömbrytaren S1. Denna strömbrytare, som manövreras med samma axel som volymkontrollen, slår till och ifrån batteriet till apparaten.

De två ficklampsbatterierna läggs på bottenplattan. De hålls på plats av två gummifötter som med skruv och mutter skruvas fast i lämpligt hål i den perforerade bottenplattan. Se fig. 17.2.

Från volymkontrollen dras två ledningar till uttagen H1 och H2 på bakpanelen. Med hjälp av volymkontrollen kan man variera ljudstyrkan i hörtelefonerna. Volymkontrollen fungerar som en variabel spänningsdelare med vars hjälp en större eller mindre del av den signal som erhålls efter dioden D1 kan påföras hörtelefonen.

Den spänningsförstärkning man erhåller i ett förstärkarsteg enligt

fig. 17.1 är inte särskilt stor. Förstärkningen i steget är ungefärligen fälteffekttransistorns "branthet" ca 4 mA/V multiplicerad med resistansen i kollektorkretsen i kohm (dvs. $4 \cdot 4,7 \approx 20 \text{ ggr}$). Men till transistorns förstärkning kommer de 9 ggr som vi får "gratis" genom att vi nu har upptransformering i stället för nedtransformering av signalen från antennen. Vi får därför ca $9 \cdot 20 = 180 \text{ ggr}$ större signalspänning över hörtelefonen i denna mottagare än i den enkla lokal-mottagare som beskrevs i kap. 13.

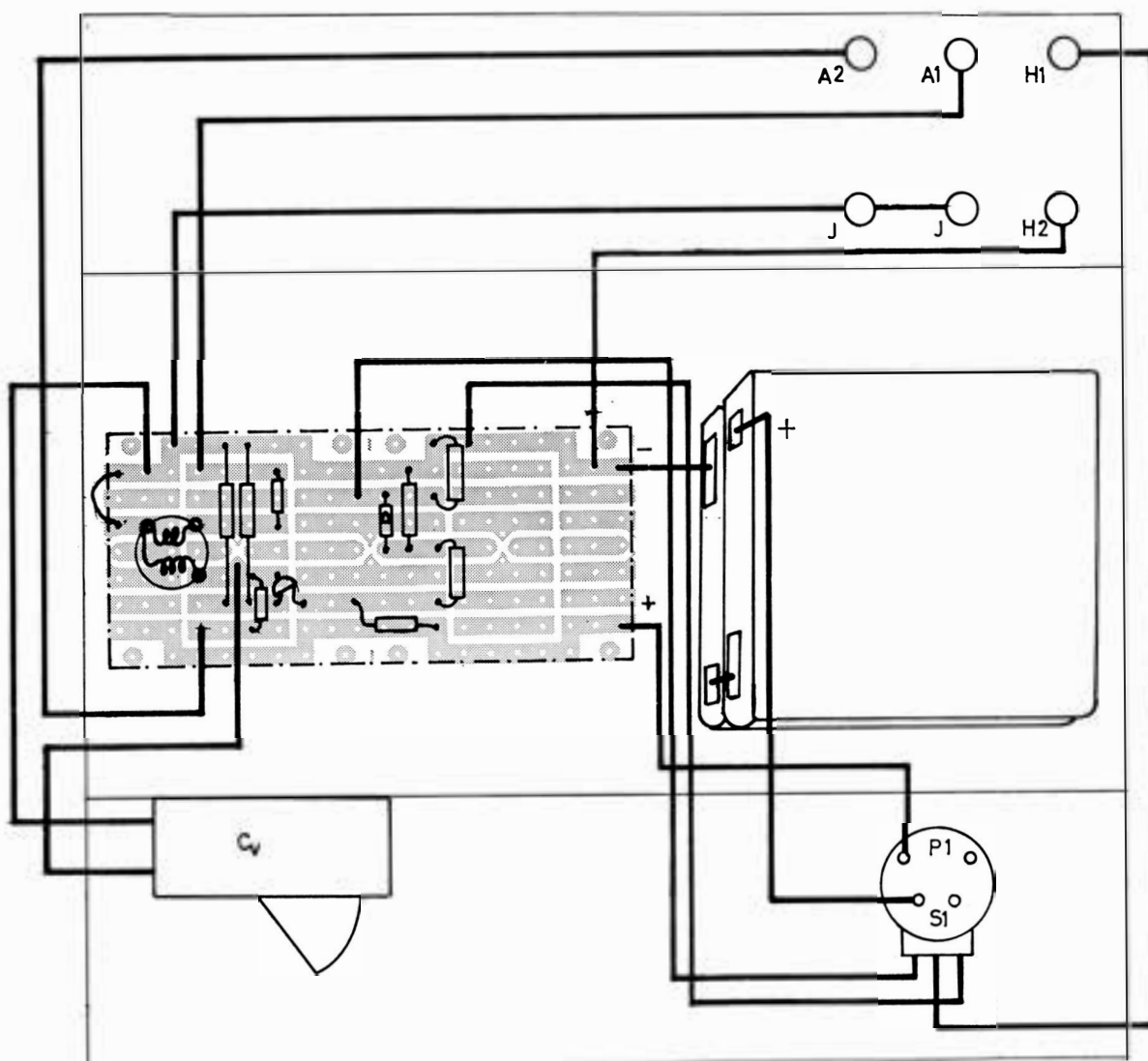


Fig. 17.4 Sammanställningsritning visande hur man kopplar in kretskortet i fig. 17.3 till antenn- och jordklämmor på bakpanelen samt till avstämningskondensatorn C_v och volymkontrollen $P1$ på frontpanelen. Volymkontrollen $P1$ är kombinerad med en strömbrytare $S1$ för batteriet.

Vi kan därför med denna mottagare få acceptabel mottagning vid ca 180 ggr lägre fältstyrka än vid den som erfordras för den enkla lokalmottagaren. En hel del utländska stationer bör därför bli hörbara i denna mottagare, i varje fall om en effektiv utomhusantenn används.

Men se upp med att inte fälteffekttransistorn får så stor insignal att den blir "överstyrd" av lokalsändaren. Överstyrning yttrar sig så att topparna i lokalsändarens bärvåg "skärs av" så att ljudet i hörtelefonen blir starkt förvrängt. Förvrängningen försvinner om man sidavstämmer mottagaren i förhållande till lokalsändarens frekvens.

Vi förstärker "lågfrekvensen"

Vi kan nu också pröva på att bygga en förstärkare för den tonfrequentiva signalspänning som vi får efter detektordioden, så att vi får bättre hörtelefonstyrka.

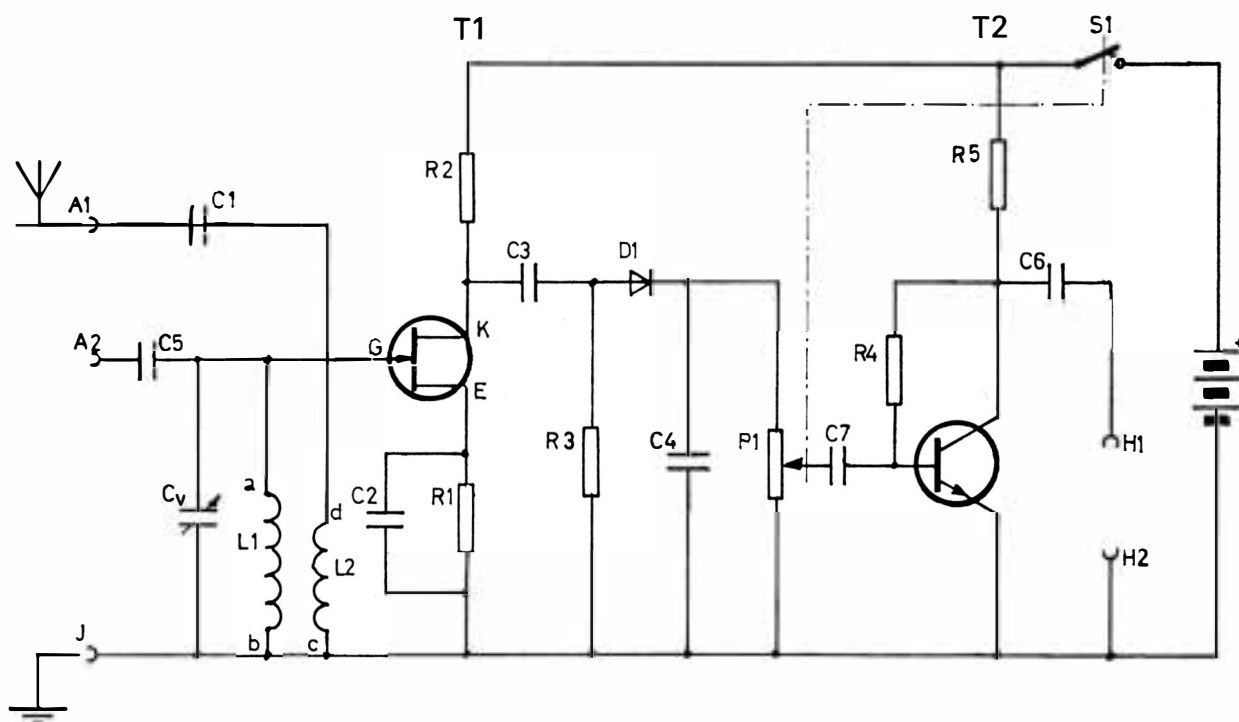


Fig. 17.5 Principschema för lokalmottagaren i fig. 17.1 kompletterad med ett LF-steg.

Stycklista till enkel lokalmottagare med HF-steg och LF-steg

C1 = C5 = 100 pF, ker. 100V
C6 = C7 = 0,33 μ F, plast
C2 = C3 = C4 = 10 nF, ker. 100V
Cv = 0–400 pF variabel kondensator med glimmerisolering
L1 + L2 = avstämningsspole, se texten
R1 = 1 kohm, 1/2 W
R2 = R3 = 4,7 kohm, 1/2 W
R5 = 2,2 kohm, 1/2 W
R4 = 470 kohm, 1/2 W
P1 + S1 = 10 kohm, pot. linj. med strömbrytare
T1 = transistor fälteffekt N-kanal TIS34, MPF102 eller liknande
T2 = transistor NPN småsignal 2N2926, BC107, BC148
D1 = diod, germanium för signallikriktning HF
Ex AA112, AA117, AA134
1 universalkretskort CC12

Modulchassienheter m. m.

1 st. bottenplåt, perforerad aluminium 1,5 mm med uppvikta kanter 20×10 cm
1 st. frontpanel 5×20 cm
1 st. bakpanel 5×20 cm
1 st. överstycke 5×20×10 cm
2 st. fogdon
2 st. rattar
2 m kopplingstråd, plastisol. förtent 0,5 mm
2 dm förtent koppartråd blank 0,7 mm
13 m lackerad koppartråd 0,20 mm
1 st. spolstomme 15 mm diam. 55 mm lång
Hörtelefon, 2 kohm
2 st. ficklampsbatterier, 4,5V
6 st. bananhylsor, isol. montage
1 st. skruv M3×30 med mutter och bricka
4 st. skruvar M3×6 med mutter
8 st. skruvar M3×10 med mutter
4 st. plåtskruvar
4 st. gummifötter

För detta ändamål kan vi sätta in ett LF-steg med bipolär transistor, lämpligen av NPN-typ. Vi får ett schema för en sådan förstärkare enligt fig. 17.5. Den kopplas in efter volymkontrollen P1 i stället för hörtelefonen. Signalen förs in via en kondensator C7 på basen på transistorn T2 och förstärks i denna. Den förstärkta signalen tas ut via en kondensator C6 till hörtelefonerna. Principen för ett förstärkarsteg av detta slag har genomgåts i kap. 15.

Transistorn i LF-steget T2 får en fast "basförström", som erhålls med ett basmotstånd anslutet till transistorns kollektor. Detta förstörmsmotstånd R4 som blir av storleksordningen 0,5 Mohm bör avpassas så att en ca 2 mA kollektorström flyter. I kollektorströmkretsen är inkopplat ett belastningsmotstånd R5 som skall ge upphov till ett spänningsfall som skall vara ungefär = halva batterispänningen. Eftersom vi har ett 9 V batteri är ett belastningsmotstånd på 2,2 kohm lämpligt att ta till, spänningsfallet över detta belastningsmotstånd vid 2 mA kollektorviloström blir ju ca 4,4 V.

Beroende på transistorns likströmsförstärkningsfaktor h_{FE} svarar denna kollektorström mot en basström som är 2 mA: h_{FE} . Om t. ex. $h_{FE} = 200$ blir erforderlig basström $2 : 200 = 0,01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A}$. Denna basström erhålls vid $9 - 4,4 = 4,6 \text{ V}$ spänning (som erhålls på kollektorn dit ju basmotståndet ansluts) om ett basmotstånd $R4 = 4,6 : 0,01 = 460 \text{ kohm}$ ansluts till kollektorn (välj standard 470 kohm).

I detta sammanhang bör nämnas att transistorer av en viss typ uppvisar stora variationer i strömförstärkningsfaktorn. Vidare är strömförstärkningsfaktorn temperaturberoende i det att ledningsförmågan hos halvledarmaterialet i transistorn ökar med ökande temperatur. Det betyder att man måste stabilisera kollektorströmmen på något sätt. Det har i den här beskrivna apparaten skett genom att basmotståndet anslutits till kollektorn på transistorn och inte till + på batteriet. En viss stabilisering inträder därigenom på följande sätt:

Om transistorn har högre likströmsförstärkningsfaktor än vad som förutsatts eller om kollektorströmmen ökar på grund av att omgiv-

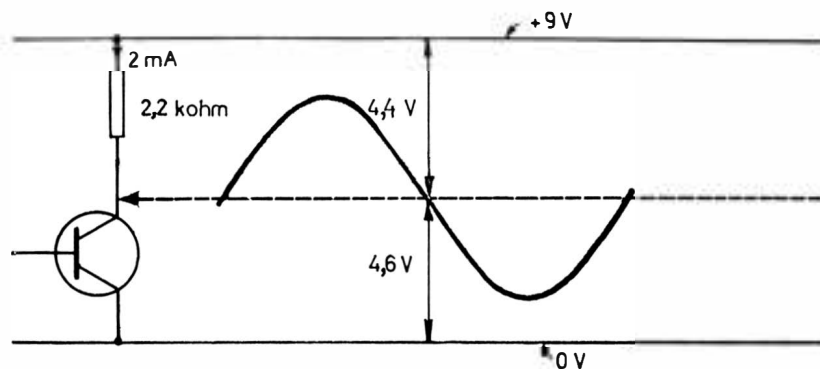
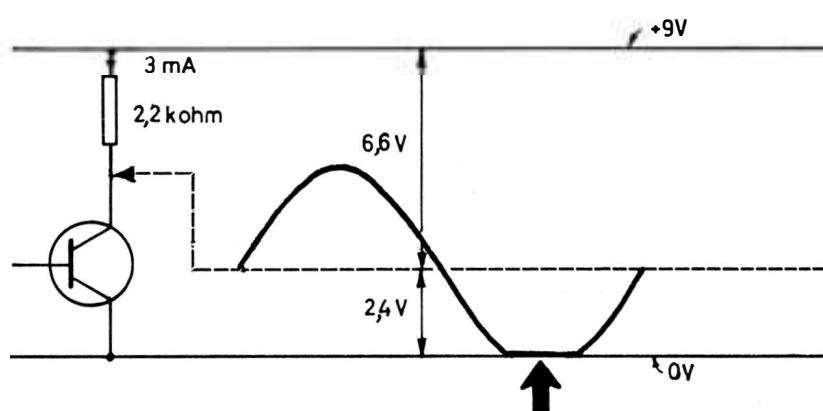


Fig. 17.6 Denna fig. visar schematiskt vikten av att LF-transistorns arbetspunkt (= kollektor-emitterspänningen i "vila", då ingen signal är förhånden) ligger mitt i transistorns utstyrningsområde. Spänningsfallet över kollektormotståndet skall vara ungefär lika med halva batterispänningen.



ningstemperaturen ökar, kommer transistorns utstyringsområde att bli osymmetriskt. Om t. ex. spänningen över kollektorn sjunker från 4,6 till 2,4 V på grund av att spänningsfallet över R_5 ökar med ökande kollektorström, kan ju transistorn styras ut endast 2,4 V ena riktningen och 6,6 V i andra (om batterispänningen = 9 V). Fig. 17.6. Den bristande symmetrin gör att den förstärkta signalens toppar kapas så snart signaltopparna överstiger ca 2,4 V. Tal blir då svårörläsligt och musik onjuterbar. Vid full symmetri kan signaler med upp till ca 4,5 V toppar återges utan att topparna klipps. Det är uppenbarligen angeläget att arbetspunkten ligger symmetriskt i utstyringsområdet, om man vill ha odistorderad ljudåtergivning av kraftigare signaler.

Denna förskjutning av transistorns arbetspunkt motverkas av den koppling som visas i fig. 17.5. Skulle kollektorströmmen tendera att öka, ökar ju samtidigt spänningsfallet över kollektormotståndet R_5 ,

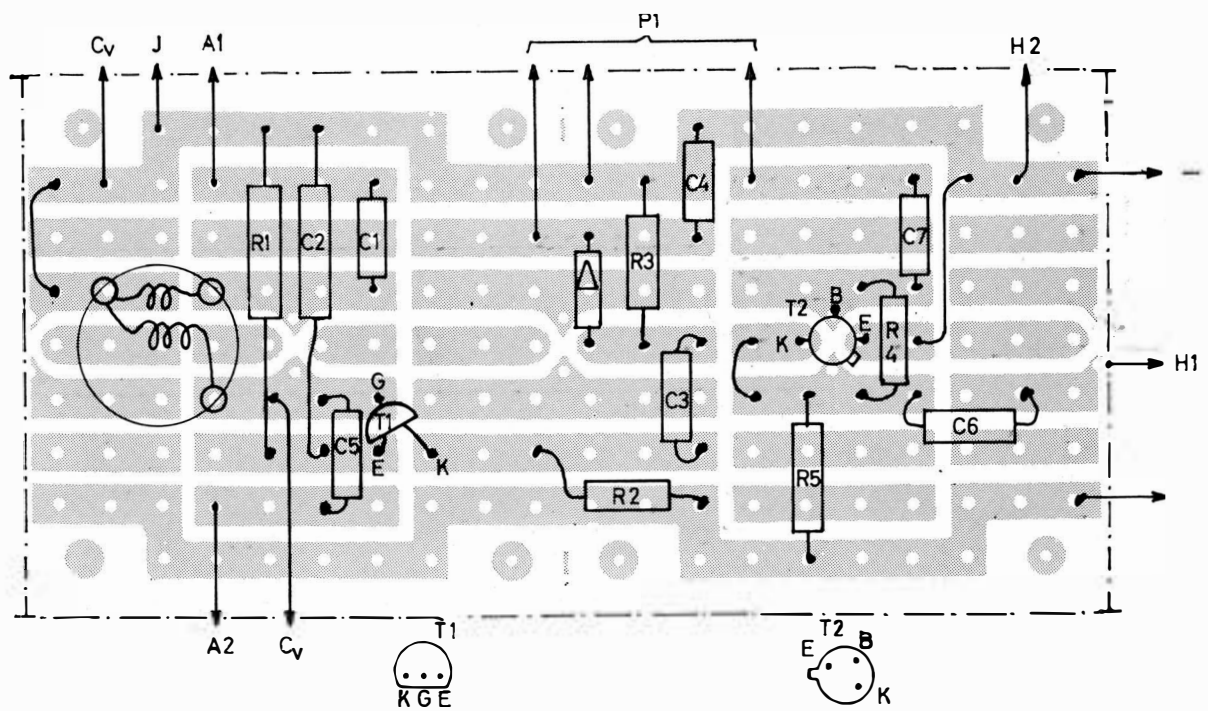


Fig. 17.7

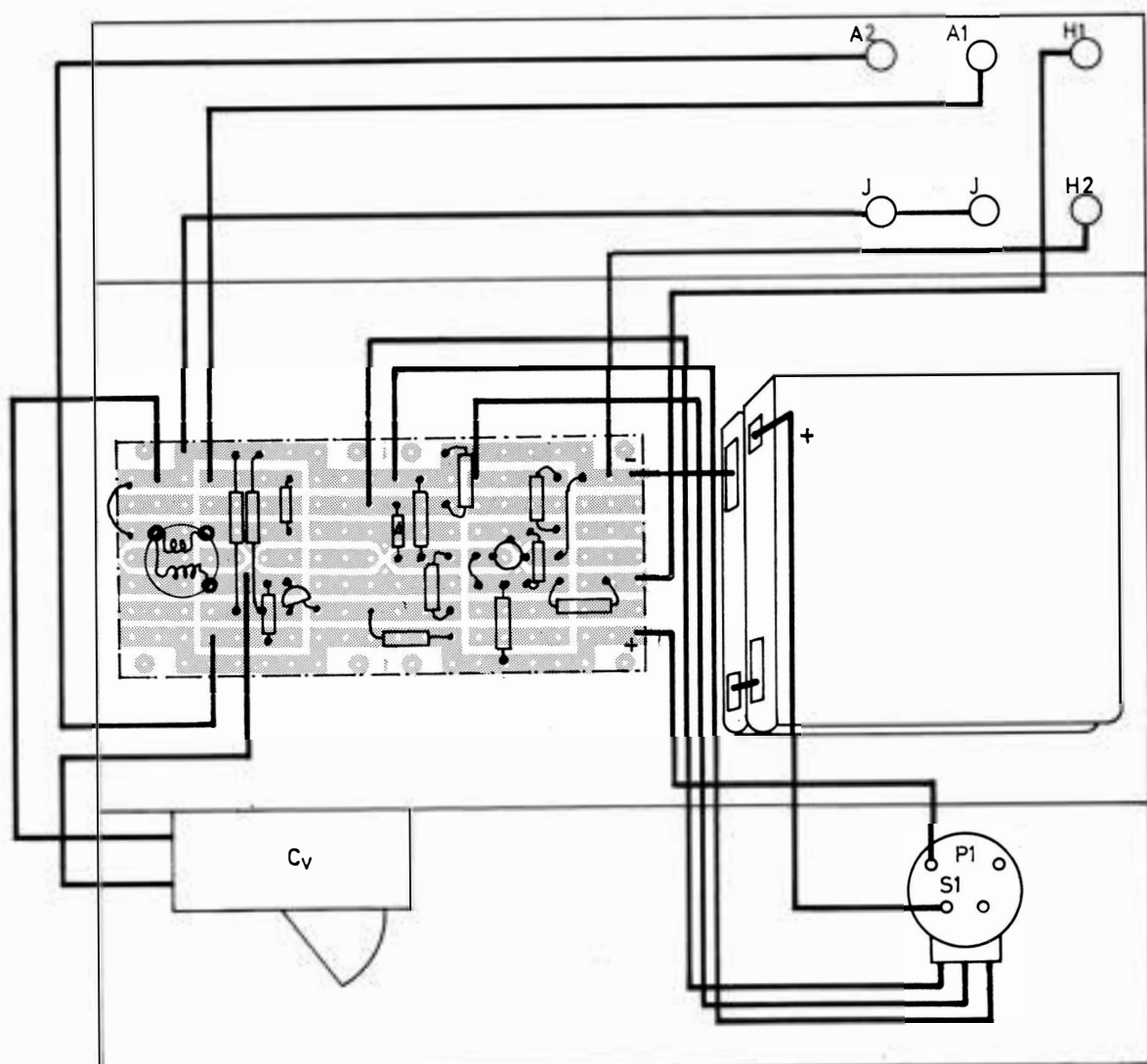


Fig. 17.8

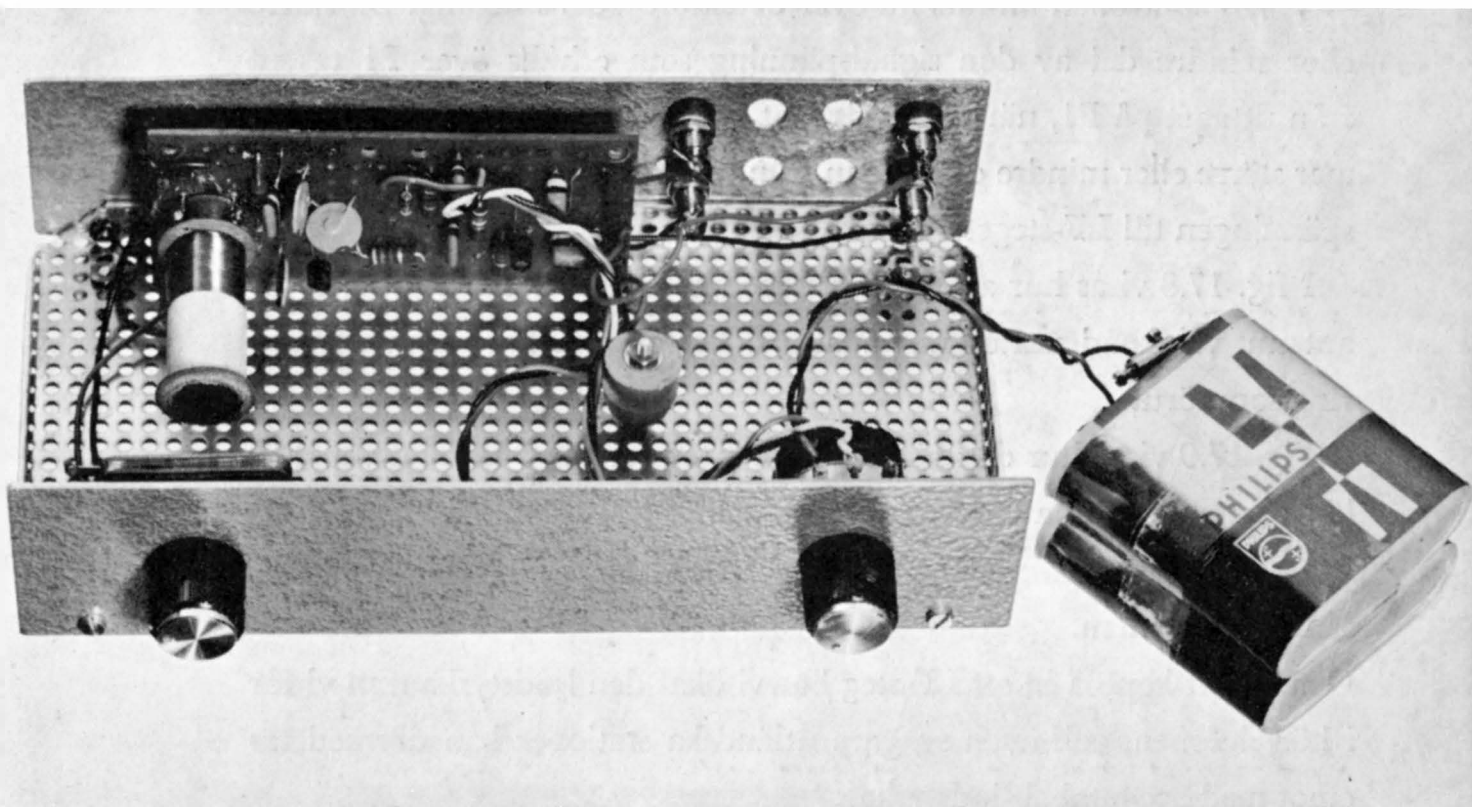


Fig. 17.9 Den färdiga mottagaren med HF- och LF-steg. Observera "batterihållaren" – ett par gummifötter fastsatta på apparatlådans bottenplåt med lång skruv, brickor och mutter. Jfr fig. 17.2.

Fig. 17.7 Komponentplaceringen för mottagaren i fig. 17.5. Kretskortet sett från komponentsidan.

Fig. 17.8 Kopplingsschema visande hur anslutningar mellan kretskort och uttagen för antenn, jord m. m. utförs.

därmed blir spänningen mellan kollektor och bas lägre och basströmmen minskar; minskad basström leder ju till minskad kollektorström och därmed motverkas ökningen i kollektorströmmen.

I fig. 17.7 visas komponentplaceringen för kretskortet i kap. 13 kompletterad med såväl ett HF-steg som ett LF-steg. Hörtelefonen ansluts nu till LF-transistorns kollektorkrets via en kondensator C6 på $0,33 \mu\text{F}$. Den måste vara höghög, t. ex. 2 kohm.

Volymkontrollen ansluts nu över detektordiodens utgång. En större eller mindre del av den signalspänning som erhålls över P1 tas ut från uttaget på P1, när det vrids mot endera ändläget. Därmed kommer större eller mindre del av den från detektordioden erhållna signalspänningen till LF-steget.

I fig. 17.8 visas hur anslutningar mellan kretskortet och uttagen för antenn, vridkondensator m. m. utförs. Batterierna har samma placering som förut.

Fig. 17.9 visar hur den färdiga apparaten ser ut. Övre plåtsvepet är här borttaget och batterierna utplockade.

Kalibrering m. m.

Genom att koppla in ett LF-steg har vi ökat den ljudstyrka som vi får i hörtelefonen, och även svagare utländska stationer kan därmed tas emot med acceptabel ljudstyrka.

Man kan om man så vill kalibrera mottagaren genom att man bakom avstämningskondensatorns ratt klistrar en bit vit kartong. På denna kan man sedan rita in en frekvensgradering som visar vilken frekvens mottagaren är inställd på. Kalibreringen utförs så att man avlyssnar olika stationer med känd frekvens och markerar deras plats på skalan. Naturligtvis krävs det rätt många kalibreringspunkter för att man skall kunna rita upp en sammanhängande frekvensgradering, men under det jobbet lär man sig åtskilligt om hur man skall hantera sin lilla mottagare för att få ut mesta möjliga ur den.

18. Integrerade kretsar

bör vi känna till en del om — det är framtidens byggstenar för alla elektroniker, inte minst de som sysslar med radioteknik.

De apparater vi sysslat med i kap. 13 och 17 är sådana i vilka ingått ett antal fristående komponenter, motstånd, transistorer, spolar osv. Vi har satt ihop apparaterna på så sätt att vi först skaffat oss de där komponenterna, och sedan har vi kopplat ihop dem enligt kopplings-schemat. När vi klarat av kopplingsarbetet har vi — om vi kopplat rätt och om det inte är något fel på komponenterna — fått en apparat som fungerar som mottagare.

Nu kan man emellertid — som vi sett i kap. 11 — åstadkomma kondensatorer i halvledarmaterial. Och vi har i samma kapitel visat att man också genom tillsats av störemnen i halvledarmaterial kan få fram olika grad av ledningsförmåga i detta.

Det har därför legat nära till hands att gå ett steg längre och att i ett och samma stycke av halvledarmaterial ”bygga in” — integrera — inte endast halvledardioder och transistorer utan också resistorer och kondensatorer. Sådana halvledarkomponenter benämns integrerade kretsar. I dessa ”påbyggda” transistorer förbinder man de olika i halvledarmaterialet inbyggda komponenterna med skiktledning av påångat aluminium ungefär som man med folieledningarna på foliekort förbinder vanliga — ”diskreta” (alltså fristående) komponenter. På så sätt kan man bygga upp hela funktionsenheter, t. ex. kompletta flerstegsförstärkare, i en enda liten skiva av halvledarmaterial.

Dessa integrerade kretsar kan, när det gäller enheter som arbetar

vid låg signalnivå, dvs. när effektutvecklingen i kretsarna är obetydlig, ges mycket små dimensioner, och man kan t. ex. i halvledarskivor av några tiondels mm tjocklek och några mm² yta integrera in 100-tals komponenter.

I själva verket kräver sådana integrerade kretsar inte väsentligt större halvledarvolym än en ordinär transistor. Däremot krävs det ofta för dessa kretsar ett större antal tillledningstrådar för arbets-spänningar m. m.

Möjligheten att köpa mer eller mindre "färdiglagade" kretsar i stället för lösa komponenter förenklar givetvis konstruktionsarbetet för den som vill bygga radioteknisk apparatur. En hel del dimensioneringsarbete bortfaller, eftersom ju de integrerade kretsarna utgör ett slags halvfabrikat för elektronisk apparatur, som omedelbart fungerar på önskat sätt, när man ansluter erforderliga arbetsspänningar.

Det finns en mängd olika typer av integrerade kretsar; de typer som är intressanta i radiotekniska sammanhang är de s. k. *linjära integrerade kretsarna*. Dessa karakteriseras av att de uppvisar ett linjärt samband mellan den signal som påförs kretsens inklämmor och den signal som insignalen ger upphov till över kretsens utgångsklämmor. Oftast är det i dessa kretsar inbyggd stor förstärkning så att utsignalen är en väsentligt förstörad kopia av insignalen. I integrerade linjära kretsar har man ofta en "inbyggd" förstärkning av upp till 100 000 ggr.

De integrerade kretsarna byggs upp med tillämpande av en teknik som mycket påminner om den som används vid tillverkning av transistorer (se kap. 15). Skillnaden är att man genom olika diffusionsprocesser samtidigt i en kiselskiva tillverkar ett antal transistorer, dioder, halvledarkondensatorer m. m. Se fig. 18.1 och 18.2. Därefter anordnas ett antal förbindningsledningar av aluminium som förbin-der de olika dioderna, halvledarmotstånden, halvledarkondensatorerna och transistorerna i den integrerade kretsen. Fig. 18.1. Kisel-skivan med sitt ledningsmönster monteras därefter på en platta, som

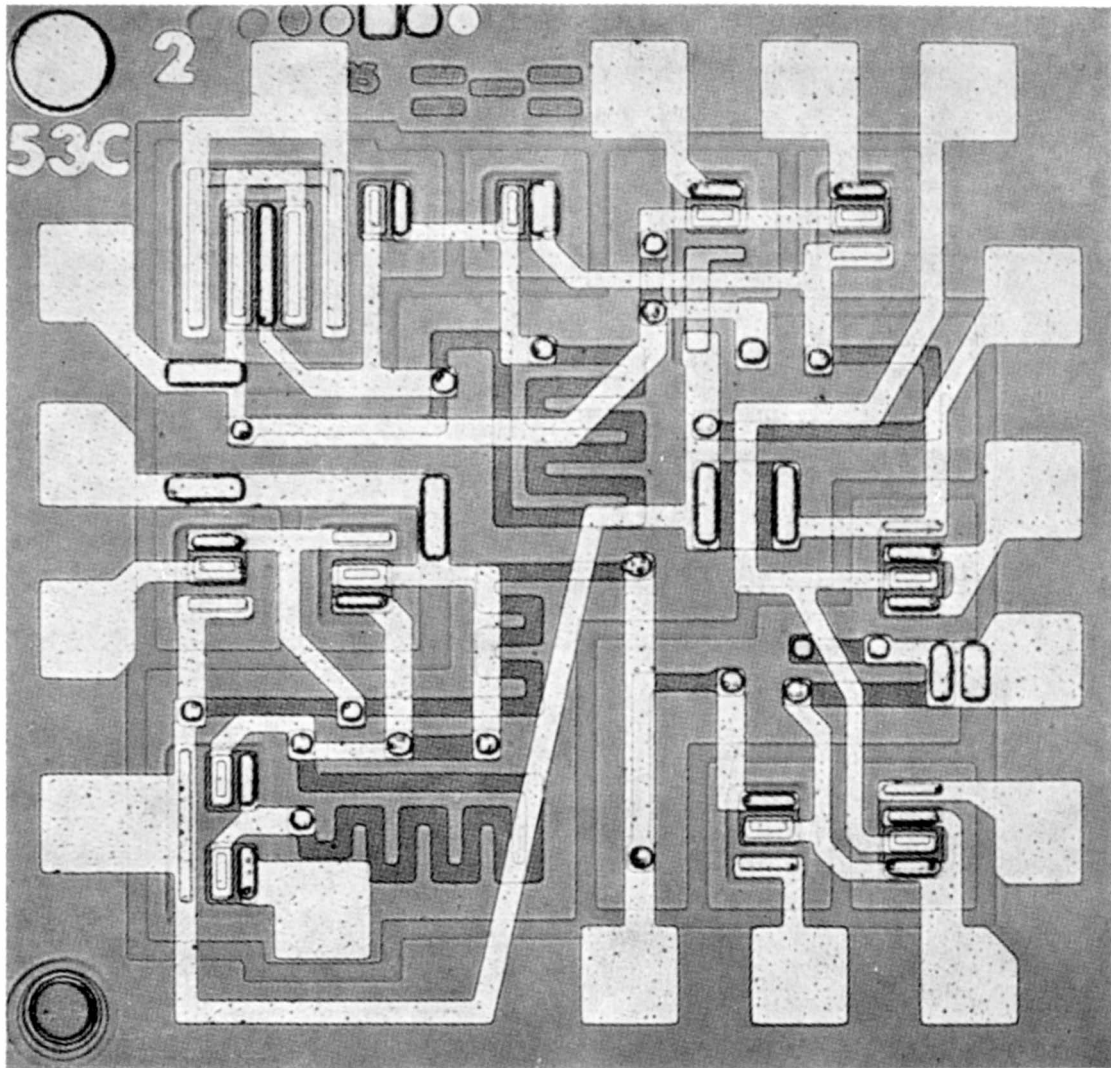


Fig. 18.1 Integrerade halvledarkretsar byggs upp på en kiselskiva i vilken man genom ett antal s. k. diffusionsprocesser erhåller ett antal transistorer, dioder, halvledarkondensatorer och resistorer. De olika komponenterna isoleras inbördes genom spärrskikt i kristallen som förspännes i backriktningen. Interna förbindningar mellan de integrerade komponenterna som inte kan utföras i själva kiselskivan anordnas med förångade metallfilmsledningar på kiselytan (ljusa band på skivan).

i sin tur placeras i ett hölje. Slutligen förses kretsen med yttre anslutningstrådar, som via tunna guldledningar svetsas fast i de olika punkter som skall anslutas till yttre kretsar. Fig. 18.3.

De integrerade kretsarna monteras ofta in i höljen som påminner om dem som används för transistorer. Skillnaden är egentligen endast att man har flera tilliedningstrådar, 4, 6, 8 eller 12 i stället för tre

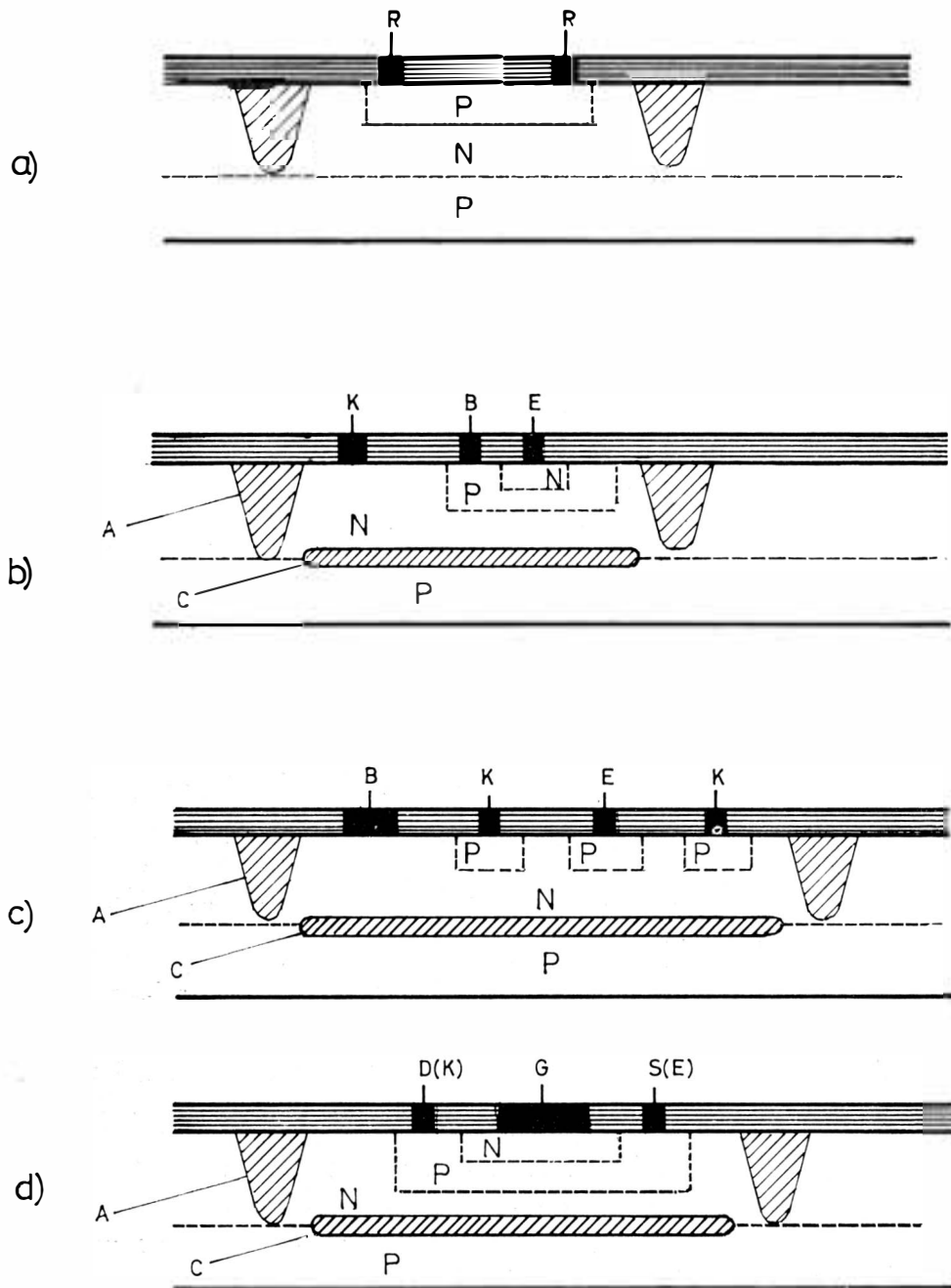


Fig. 18.2 Denna bild visar schematiskt hur

- a) motstånd,
- b) NPN-transistorer,
- c) PNP-transistorer,
- d) fälteffekttransistorer

åstadkommes i integrerad form på en P-ledande kiselskiva. A och C markerar områden i kiselskivan som isolerar de integrerade komponenterna från varandra.

som man har för transistorer. Fig. 18.4. Integrerade kretsar monteras också in i s. k. flatkåpor, "flatpacks", där man har 14, 16 eller 18

anslutningsstift på ömse sidor om långsidorna i kåpan. Fig. 18.5.

De linjära integrerade kretsarna är ofta s. k. direktkopplade likspänningsförstärkare. Det hänger samman med att det är besvärligt att integrera större kondensatorer och man föredrar därför att koppla ihop transistorerna direkt. Därmed får man automatiskt en uppbyggnad som motsvarar en likspänningsförstärkare.

I fig. 18.6 visas en enkel integrerad krets bestående av tre NPN-transistorer och två resistorer. Förstärkaren är avsedd för låga signalnivåer och ger obetydlig uteffekt, max. ca 10 mW, vilket endast räcker för hörtelefonstyrka.

Strömförstärkningen däremot är stor, ca 500 000 ggr. Så hög ström-

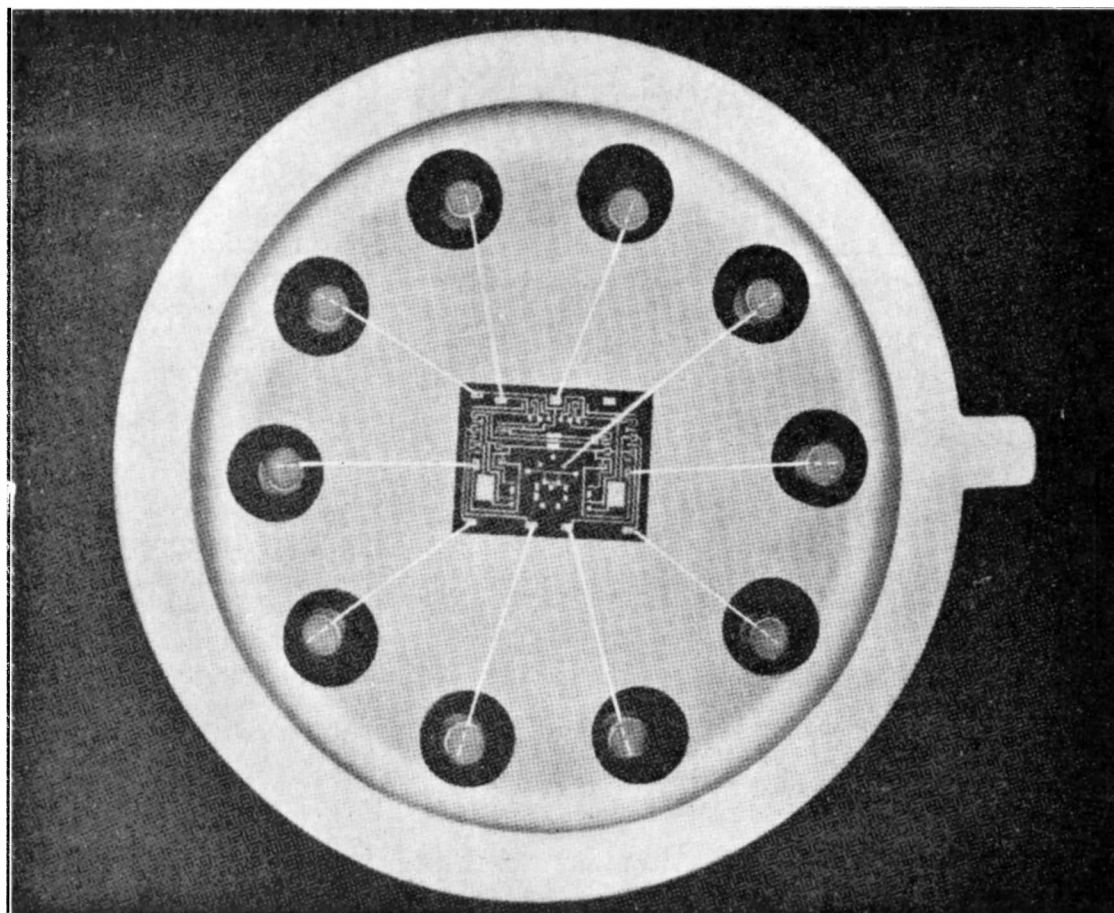


Fig. 18.3 Förbindningar från och uttag på den integrerade kretsen anordnas med tunna guldtrådar, som svetsas fast på de interna metalliserade ledningarna eller på andra med metallisering försedda kontaktpunkter på kisel-skivan.

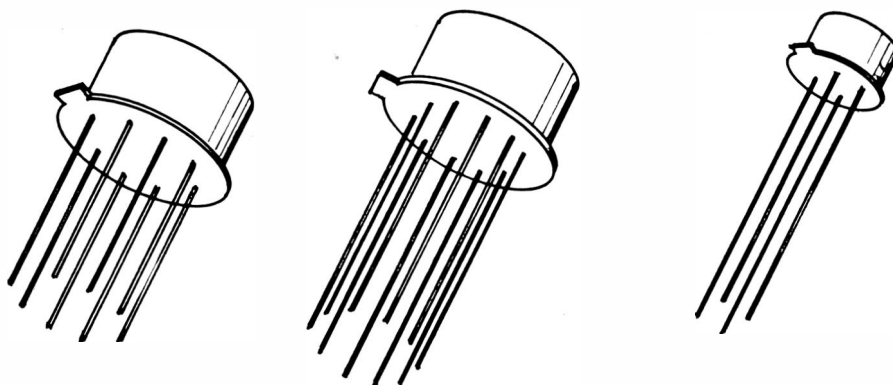


Fig. 18.4 Vanliga typer av höljen för integrerade halvledarkretsar.

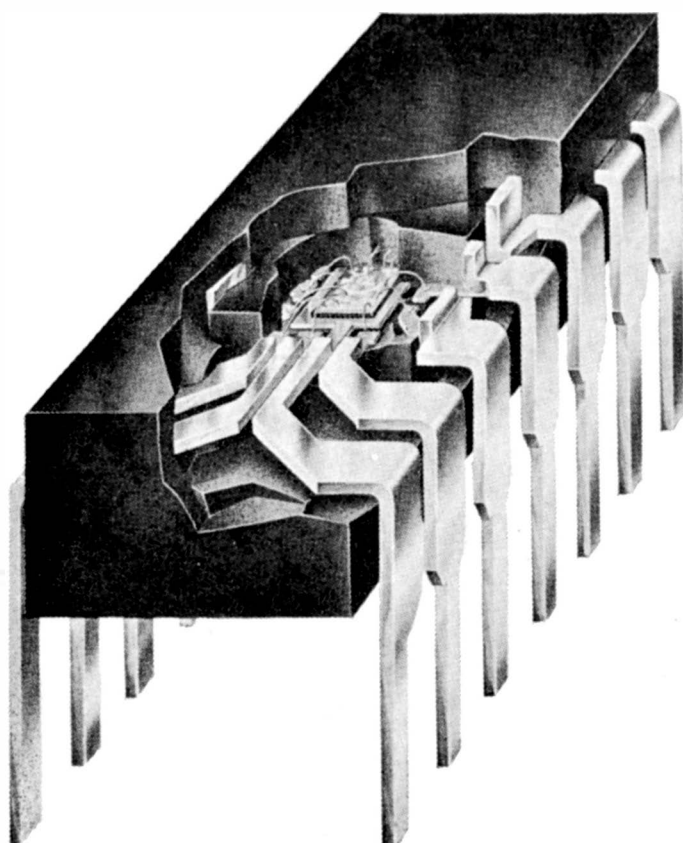


Fig. 18.5 Integrerade halvledarkretsar inmonteras även i s. k. flatkåpor som kan ha upp till 18 anslutningsstift.

förstärkning är det emellertid svårt att uppnå i praktiken med hänsyn till risken för instabilitet i förstärkaren. Man måste därför arbeta med kraftig s. k. motkoppling som reducerar förstärkningen. Exempel på hur denna krets kan utnyttjas ges i kap. 19.

Observera i principschemat att de transistorer som ingår i integrerade kretsar inte är försedda med ringar så som fallet är med fristående, ”diskreta” transistorer. Orsaken är lätt att förstå: de integrerade transistorerna ligger ju integrerade bland övriga komponenter och har inget eget hölje = ring.

I allmänhet ritar man inte ut det kompletta schemat för integrerade kretsar utan markerar t. ex. linjära integrerade förstärkare med en liggande triangel. Se fig 18.7, på vilken endast de olika yttre uttagen markeras med siffror. Förstärkarutgången förläggs till triangelns högra spets. Stiftnumreringen räknas för olika typer av höljen medurs sett från höljets undersida, så som antyds i fig. 18.8.

Fig. 18.6 Principschema för en enkel integrerad förstärkare TAA 263 innehållande tre transistorer och två motstånd. Fyra yttre anslutningar. Denna krets används i den i kap. 19 beskrivna induktiva mottagaren.

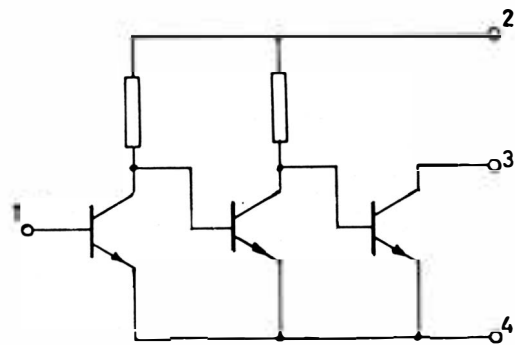


Fig. 18.7 Schemasymbolen för linjära integrerade förstärkare enligt fig. 18.6.

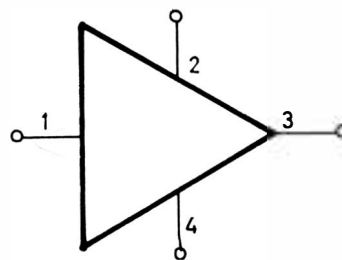
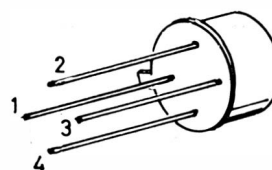


Fig. 18.8 Numrering av stiften på integrerade kretsen enligt fig. 18.6.



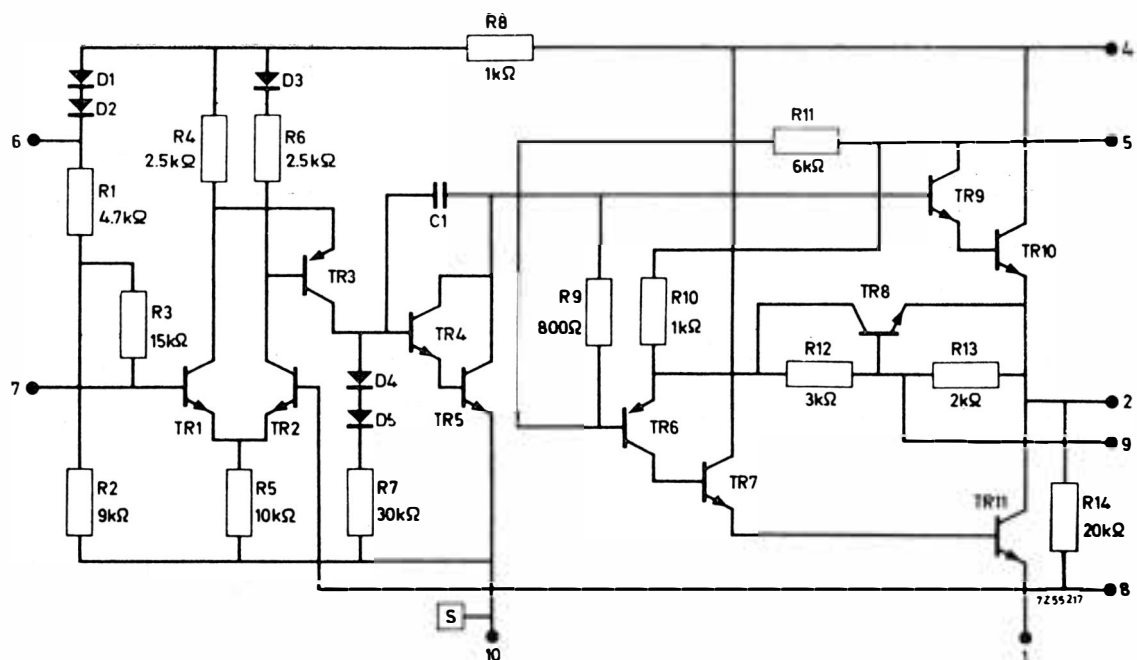


Fig. 18.9 Principalschemat för linjär integrerad krets, TA300, en förstärkare som kan ge upp till 1 W uteffekt. Denna krets används dels i den i kap. 20 beskrivna snabbtelefonen, dels i den i kap. 21 beskrivna mellanvågs- och kortvågsmottagaren.

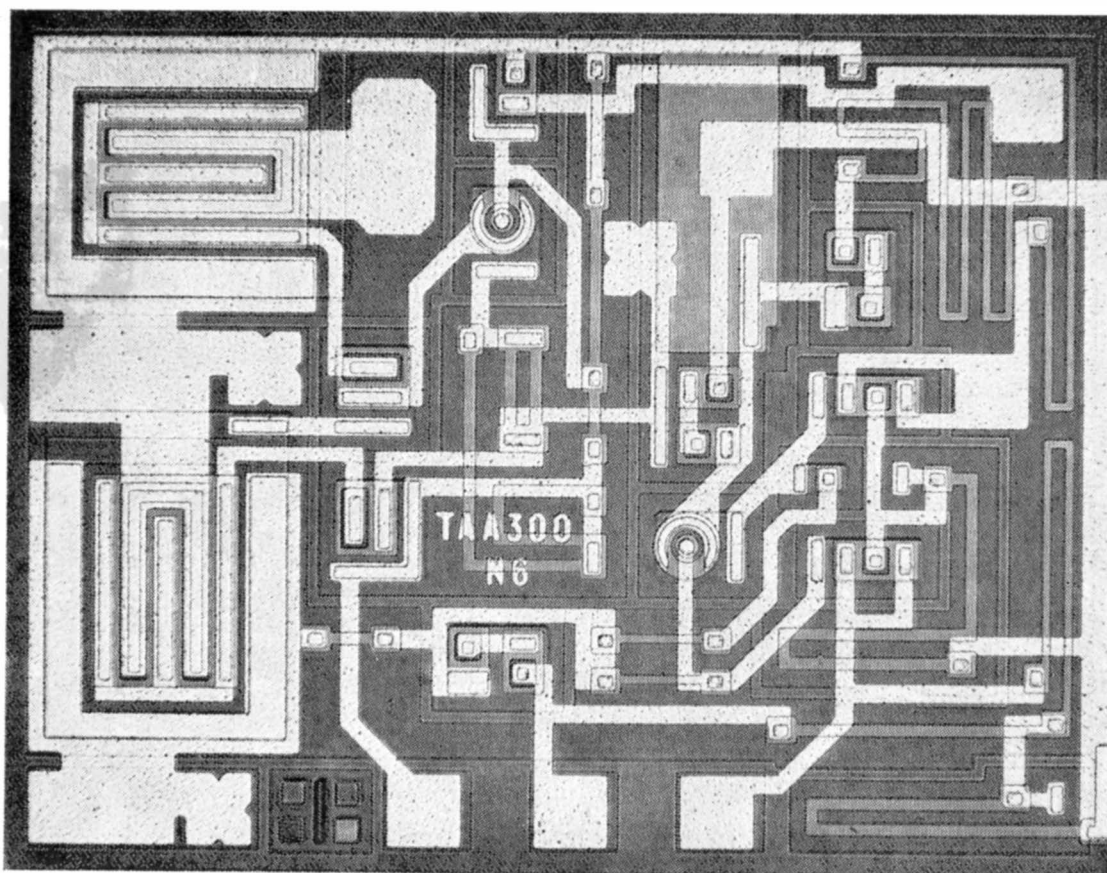
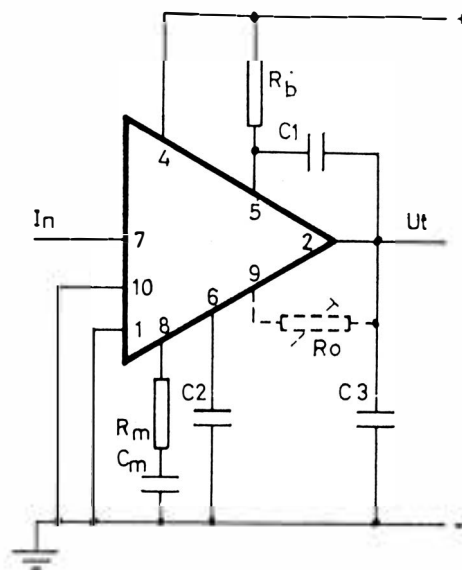


Fig. 18.10 Kiselskivan för en integrerad krets enligt fig. 18.9 ser ut på detta sätt. Storlek ca $2 \times 2,5$ mm. T.v. de stora effekttransistorerna som för-
mår avge ca 1 W uteffekt.

Fig. 18.11 Den integrerade förstärkaren i fig. 18.9 kräver en del yttre komponenter för stabilisering (C_1 , C_2 , C_3), för motkoppling (R_m , C_m) och för inställning av arbetspunkten (R_0). R_b tillkommer om belastningen ansluts mellan 2 och jord, detta motstånd bortfaller om belastningen ansluts mellan 4 och 5.



I fig. 18.9 visas principschemat för en integrerad förstärkare som ger ca 1 W uteffekt. Hur kiselkivan i denna krets disponerats för de olika komponenter som ingår i kretsen framgår av mikrofotot i fig. 18.10. Längst till vänster är de två effekttransistorerna TR10 och TR11, som ger 1W uteffekt, placerade. Motstånden är utformade som långa kanaler anordnade i ett labyrintliknande mönster. De 10 yttre anslutningarna går till de kvadratiska metalliserade "kontakt-ytorna" i det pålagda ledningsmönstret.

För att kretsen skall fungera fordras en del yttre komponenter för stabilisering så som antyds i schemat i fig. 18.11. Denna integrerade krets används i den snabbtelefon som beskrivs i kap. 20, men den kan användas i all radioapparat som skall anslutas till högtalare. Den kan t. ex. ersätta det enkla LF-förstärkarsteget i den mottagare som beskrivs i kap. 17, om man vill ha högtalaråtergivning i stället för hörtelefonmottagning. Ingången på förstärkaren ansluts då efter kopplingskondensatorn C7.

Observera att vissa integrerade kretsar behöver dubbla arbetsspänningar och att avkopplingskondensatorer och i vissa fall stabiliseringsnät måste anslutas till kretsen.

Det bör understrykas att det inte är nämnvärt krångligare att arbeta med integrerade kretsar än med vanliga transistorer. I själva verket är det enklare att få apparater med integrerade kretsar att fungera än att bygga upp dem med vanliga transistorer. En hel del konstruktionsjobb ligger ju inbakat i de integrerade kretsarna och antalet felmöjligheter blir färre eftersom antalet yttre komponenter och lödställen är färre.

Man kan gott säga att de integrerade kretsarna öppnar nya och intressanta möjligheter för amatören. Han kan bygga apparater som ”kan” mera och chanserna att lyckas med hemmabygge är större om man tar till sådana ”kan-mycket-komponenter”.

19. Lyssna tyst till TV

Nyttig sak i hemmet, finns inte att köpa, tack-sam att bygga.

Som framgått av kap. 18 kan man med integrerade kretsar bygga effektiva förstärkare med utomordentligt små dimensioner. Nu är det i många fall inte de små dimensionerna hos de integrerade kretsarna som är särskilt intressanta. Oftast är det förenklingen i apparatkonstruktionen och den ökade tillförlitligheten som betyder mest. Men i vissa fall kan det vara av mycket stor betydelse att man kan bygga ihop t. ex. förstärkare med extremt små dimensioner. Så är fallet exempelvis när det gäller hörapparater, som ju helst skall ta mycket liten plats, eftersom de inte bör synas så mycket och inte heller får de vara till besvär för den som använder dem. Här kommer de integrerade kretsarnas små dimensioner särskilt väl till sin rätt. Med en sådan krets kan man ju åstadkomma förstärkare som endast upptar en volym av några mm³.

Ett annat användningsområde för småförstärkare av detta slag är i s. k. personsökare. I personsökningsanläggningar arbetar man ofta med trådlös överföring av signalspänning via en induktiv slinga. Man förstärker då upp signalspänningen från en mikrofon och påför sedan den förstärkta signalspänningen en slinga av utlagd ledningstråd, en slinga som t. ex. omfattar en hel fabrik. Den förstärkta mikrofonström som uppstår i slingan alstrar ett växlande magnetfält, som varierar i takt med de talfrekventa strömmarna i slingan. Det induktiva fältet från den stora slingan kan nu utnyttjas för att överföra signalenergi till små mottagarslingor i små mottagare som man kan bära t. ex. i bröstfickan. Mottagarna innehåller en liten för-

stärkare och en liten hörtelefon, och meddelanden kan därmed överföras från sändarmikrofonen till mottagarnas hörtelefon.

I personsökningsanläggningar gäller det givetvis att nedbringa dimensionerna för mottagarapparaten, både dess induktiva mottagar-spole och dess förstärkare. Detta kan åstadkommas genom att man lindar spolen kring en ferritstav och använder integrerade kretsar i den förstärkare som ingår. Man kan då utan vidare få fram en mottagningsapparat som inklusive batteri inte upptar mer än några cm³ volym. Apparaten kan kombineras med en summer, från vilken man vid anrop hör en ton, och man kan sedan via hörtelefonen ta emot meddelanden från sändarplatsen.

Det ligger nära till hands att utnyttja en liknande princip för en anordning som möjliggör tyst ljudmottagning från radiomottagare, TV-apparater, skiv- och bandspelare. Det är ju i många fall så att samma allrum eller vardagsrum utnyttjas av flera familjemedlemmar. I detta rum kan pågå olika former av aktivitet och inte alltid är alla familjemedlemmarna intresserade av samma sak i TV eller vill höra samma sak på radio, skiv- eller bandspelare.

Man kan då ansluta en hörtelefon till radiomottagarens eller TV-mottagarens extra utgång för hörtelefon. Detta medför emellertid att man är bunden av en sladd, vilket kan vara obekvämt. Och det är långt ifrån alla apparater som har uttag för hörtelefon. Man har emellertid en annan möjlighet: om förstärkarutgången har ett uttag för yttre högtalare — antingen det nu gäller radiomottagaren, förstärkaren för skivspelaren eller utgången på TV-mottagaren — kan man till denna ansluta en induktiv slinga. Denna slinga kan anordnas så att den omfattar vardagsrummet, allrummet eller eventuellt hela lägenheten. Man kan sedan bygga en induktiv mottagare, lätt bärbar, till vilken man ansluter hörtelefonen, och på så sätt etablera en trådlös överföring. Fördelen är givetvis att man vid lyssning efter behag kan förflytta sig i rummet utan att vara beroende av sladden till mottagarapparatens hörlur.

I synnerhet vid TV-mottagning innebär en sådan apparat stora fördelar. Barnen kan lyssna på sina TV-program utan att ljudet från mottagaren stör de andra familjemedlemmarna. Å andra sidan kan de äldre, sedan barnen gått och lagt sig, lyssna till TV utan att ljudet stör barnen.

För den som vill anordna telefonkontakt inom ett kontor, en fabrik eller en större villa erbjuder detta med en induktiv slinga stora möjligheter att slippa ifrån att dra trådar överallt. Mottagaren kan man ta med sig till godtycklig plats och nås då av eventuella meddelanden från sändarplatsen.

En apparat av detta slag blir enkel nog. Principsschemat visas i fig. 19.1. I apparaten ingår en induktansspole lindad på en ferritkärna, en integrerad förstärkare, IC, några stavmotstånd, ett par kondensatorer och en hörlur. Dessutom fordras det ett batteri vars spänning stabiliseras med ett seriemotstånd R_4 och en zenerdiod. Batteriet är egentligen den mest skrymmande komponenten i detta sammanhang. Hörluren kan vara höghörs, 1—2 kohm, och av samma typ som används för tidigare beskrivna mottagare. Hela apparaten är inte större än att den kan stoppas ned i bröstfickan på en kavaj eller fästas på en av hörlurarna.

Apparatens verkningssätt är följande: Mottagarspolen uppfångar det induktiva fält som alstras av sändarslingan vilket ger upphov till en signalspänning över spolen. Signalspänningen förstärks i den integrerade förstärkaren som består av tre kaskadkopplade transistorer (se fig. 18.6—18.8) och påförs hörtelefonen.

För stabilisering av arbetspunkten för förstärkaren är anordnad en kraftig likspänningsmotkoppling via motståndet R_1 och R_2 , som bildar en spänningsdelare över utgången. Apparaten är uppbyggd på ett universalkretskort för vilket monteringsritning visas i fig. 19.2.

På kretskortets ena kortsida är på plusskenan fastskruvad en liten mässingsvinkel på vilken en jack avsedd för en miniatyrpropp för hörtelefonen anbringas. På samma kortsida är volymkontrollen R_5 ,

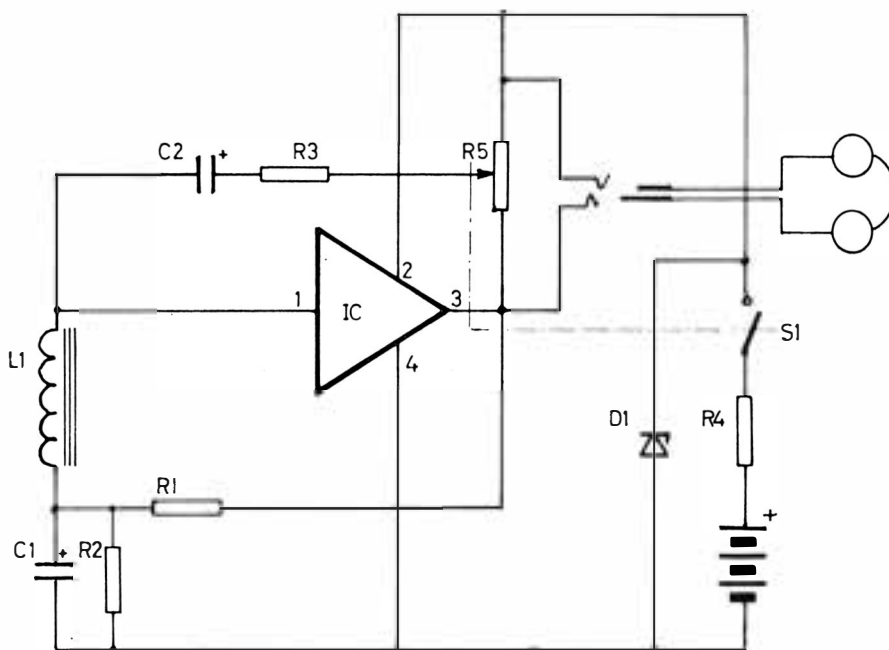


Fig. 19.1 Princip-
schema för induk-
tiv mottagare.

Stycklista för induktiv mottagare

C1 = 100 μ F, 6V elektrolyt

C2 = 1 μ F, 10V elektrolyt

R1 = 33 kohm, 1/2 W

R2 = R3 = 10 kohm, 1/2 W

R4 = 150 ohm, 1/2 W

R5 + S1 = potentiometer, 5 kohm miniatyr kombinerad med strömbrytare
och försedd med räfflad specialratt

D1 = zenerdiod, 6,8V, 400 mW

IC = integrerad krets TA 263

L1 = sökarspole

Spolstomme, 6 eller 8 mm inre diam. 40 mm längd

Fiberbrickor 10 mm inre diam. 16 mm yttre diam.

75 m 0,16 lackisolerad tråd lödbar

Ferritstav 6 eller 8 mm diam. 50 mm längd

1 st. universalkretskort CC12 sågas till 78 mm längd

Telefonjack miniatyr

Fästvinkel för do mässing 0,5 mm

Skruv M3×5 med mutter

Plexiglasplatta 1,5 mm 80×200 mm

Bottenplatta aluminium 0,5 mm, 54×21 mm

Örlur eller hörtelefon 0,8–2 kohm impedans

Plastisolerad kopplingstråd

som är kombinerad med en strömbrytare, S1, inlörd så att ratten sticker upp en bit utanför kretskortets kant. För att man skall få in volymkontrollens anslutningsstift måste två lödhål i ledningsmönstret borraras upp till 3 mm diameter.

En ökad likspänning över utgången leder via spänningsdelaren $R1 + R2$ till en ökad positiv förspänning på ingången, vilket tenderar att minska utspänningen: den ursprungliga ökningen i utspänningen motverkas således och en stabilisering inträder genom denna "motkoppling".

Genom att R2 är parallellkopplad med en stor kondensator C1 kortsluts signalspänningen över R2 så att någon motkoppling för signalspänningen inte uppstår denna väg. Däremot är en annan motkopplingskedja anordnad via volymkontrollen R5 som fungerar som belastningsmotstånd och från vilken en varierbar del av signalspänningen återmatas. Likspänningen är i denna motkopplingsgren spär-rad med kondensatorn C2 från ingången. Med R5 kan graden av

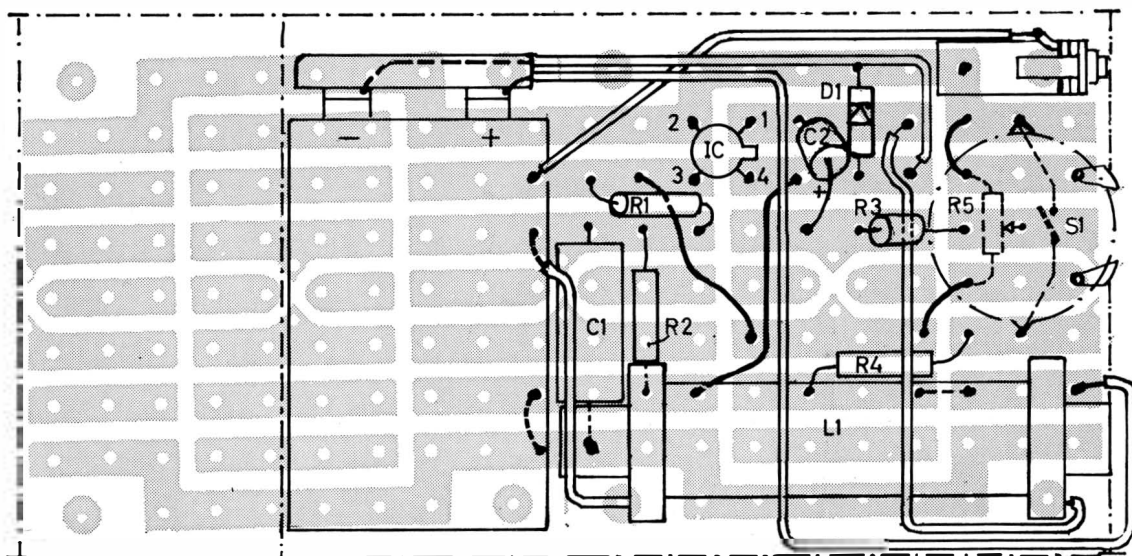


Fig. 19.2 Kopplingsschema för den induktiva mottagaren. Komponenterna löds in på ett universalkretskort på vilket ett par lödhål borraras upp till 3 mm diameter dels för den kombinerade potentiometern/strömbrytaren P1/S1 och dels för en liten mässingsplåtsvinkel i vilken telefonjacken skruvas fast till +skenan. Kretskortet sågas av vid streckprickade linjen så att batteriet nätt och jämnt fyller ut kortet.

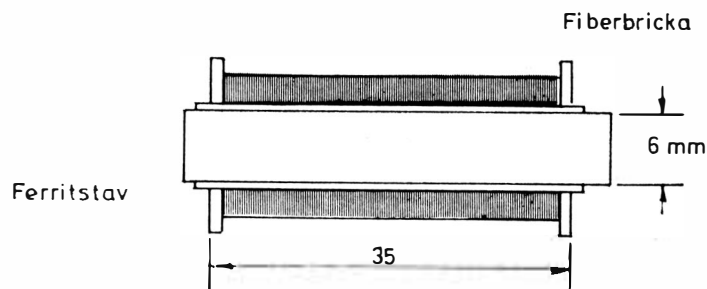


Fig. 19.3 Ledningen för L1 lindas upp på ett pertinaxrör med 6 eller 8 mm inre diameter som förses med gavlar av 15 mm fiberbrickor, som limmas på spolstommen. Spolstommen kan ev. tillverkas av tunn kartong som lindas upp med klister mellan varje varv på den 6 eller 8 mm ferritantennstav som skall användas i apparaten. Spolen lindas med ca 2000 varv 0,16 mm lackerad tråd.

motkoppling ändras från 0 till mycket kraftig motkoppling. Med R5 kan därför förstärkningen ändras från mycket låg förstärkning ca 5 ggr till max. ca 500 ggr, varför R5 fungerar som en volymkontroll.

Spolen, som skall anbringas på en 6 eller 8 mm ferritstav ca 50 mm lång, lindas på en spolstomme med 8 mm inre diameter som förses med gavlar av fiberbrickor. Spolstommen kan man eventuellt tillverka själv av en tunn kartong som lindas upp på ferritstaven, varvid klister läggs mellan varven tills man får ca 1 mm godstjocklek.

Spolen lindas med ca 2 000 varv 0,16 mm lödbar lackisolerad koppartråd. Eftersom tunn koppartråd lätt kan slitas av, bör man i spolens "begynnelseända" löda in en ca 10 cm lång tilledningstråd av plastisolerad mångtrådig ledare, som fixeras i läge med några varv textiltjvp innan man börjar pålindningen. Även i den färdiglindade spolens andra ände bör man löda in en ca 10 cm lång mångtrådig tilledningstråd som likaledes fixeras med ett par varv textiltjvp.

Den färdiga spolen limmas fast mot kretskortet i de punkter där gavlarna stöder mot kretskortet. För att ytterligare förankra spolen kan man låsa spolen i läge med ett varv förtent koppartråd försedd

med ett systoflexrör, som bockas till och löds in till två folieledningar på kortet så som visas i fig. 19.4.

Batteriet, ett litet 9 V batteri av standardtyp, ansluts via ett kontaktdon av knappkontaktyp med isolerade tilledningstrådar till + resp. -skenan på apparaten.

Som hörtelefon kan användas en "örlur" eller dubbelsidig hörtelefon med 0,8—2 kohms impedans.

Den färdiga mottagaren kan försees med ett plexiglashölje som limmas ihop av 1,5 mm plexiglasplattor som sågas till med mått som tas i fig. 19.5. För att möjliggöra batteribyte försees höljet med en skjutbar bottenplatta av 0,5 mm aluminiumplåt. Denna skjuts in i 0,5 mm spår som sågas upp i höljets båda sidostycken A.

Sändarslingan

För sändarslingan kan man använda vanlig ringledningstråd bestående av plastisolerad dubbelledare. 4—5 varv av dubbelledaren för-

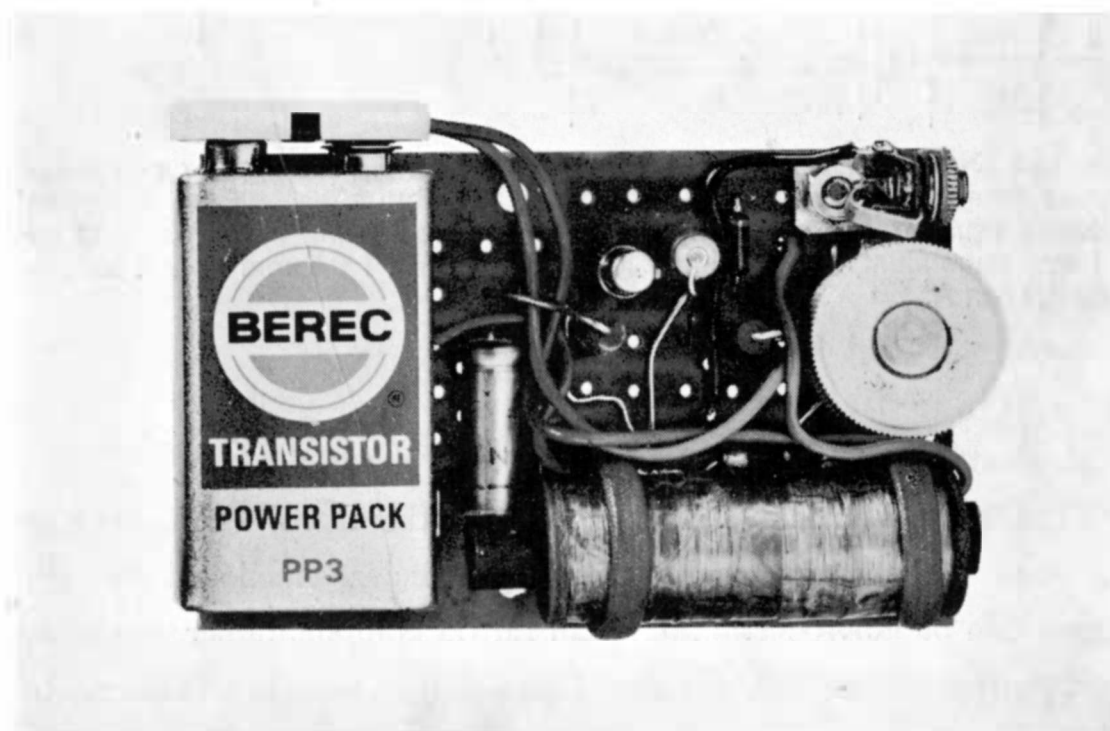


Fig. 19.4 Den färdigkopplade mottagaren.

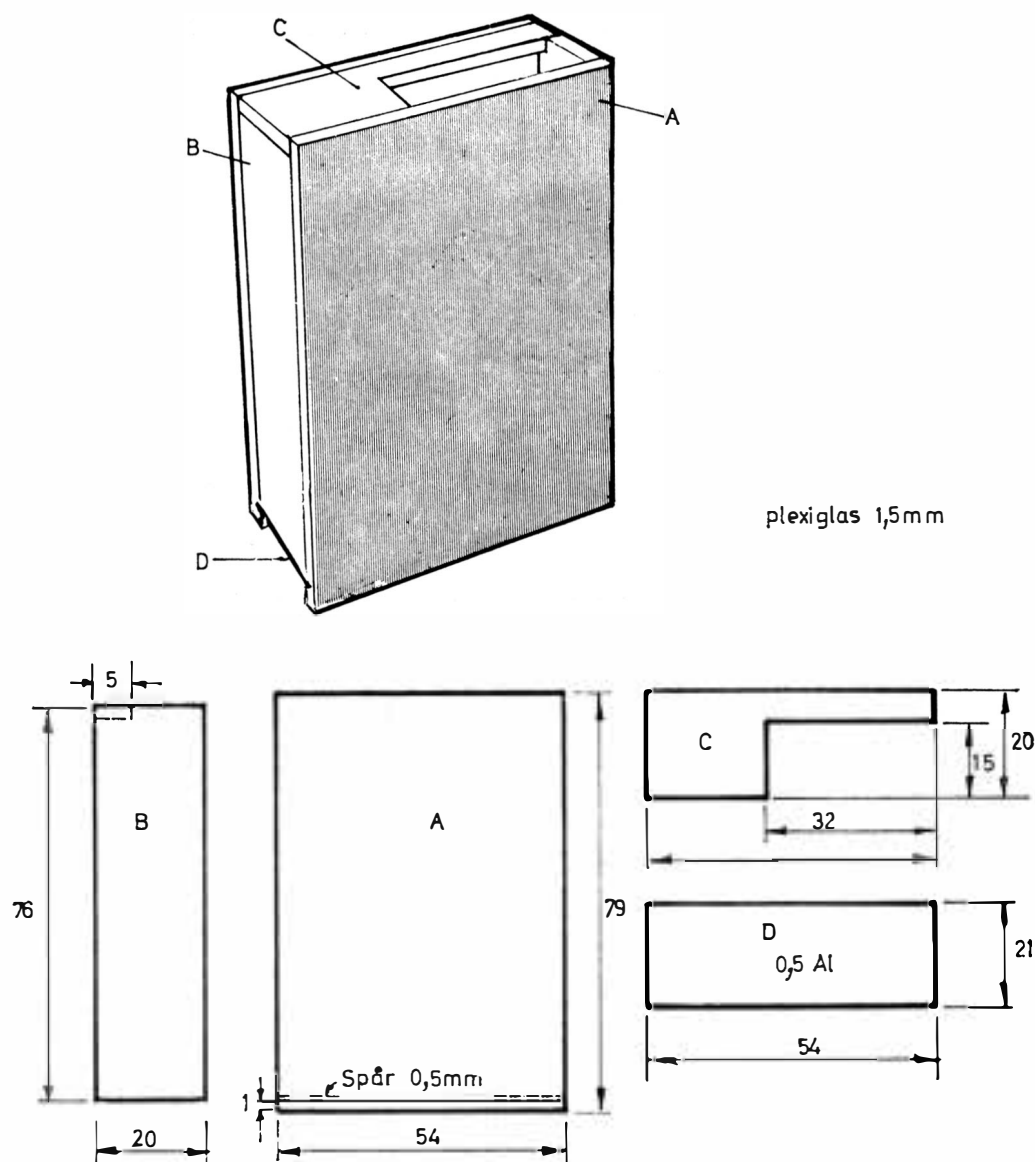


Fig. 19.5 Den induktiva mottagaren förses med hölje vars sidor och överstycke limmas ihop av 1,5 mm plexiglasskivor som sågas till enligt måtten i denna fig. För att möjliggöra batteribyte görs lådans bottenplatta D av 0,5 mm aluminiumplåt som skall kunna skjutas in i 0,5 mm spår i lådans sidostycken A.

binds så att man får sammanlagt 8—10 varv. Fig 19.6.

Trådslingan kan man fästa vid taklisten, där man i allmänhet har lättast att komma fram med tråden. Inget hindrar emellertid att man lägger den på golvsockeln, men man får då komplikationer, när man skall passera dörrar. Där får man lägga slingan runt dörrkarmen. Är man på förhand inställd på att använda mottagaren inom en be-

gränsad yta, kan man naturligtvis anbringa slingan så att den endast omringar det område där man förutser att man skall befinna sig vid lyssning. Exempelvis kan man lägga en slinga under de sittplatser där man brukar tillbringa sin "lyssningstid". Se fig. 19.6.

Slingan ansluts sedan till utgången på den förstärkare från vilken man skall ta programmet. Det förutsätter att apparaten har uttag för extra högtalare. Här får man se upp så att man inte, när det gäller transistorförstärkare, åstadkommer alltför låg belastningsimpedans på utgångssteget. De flesta förstärkare med transistorer är dimensionerade för 4 eller 8 ohms utgångsimpedans och mår inte bra av för lågohmig belastning om man vrider på för mycket effekt.

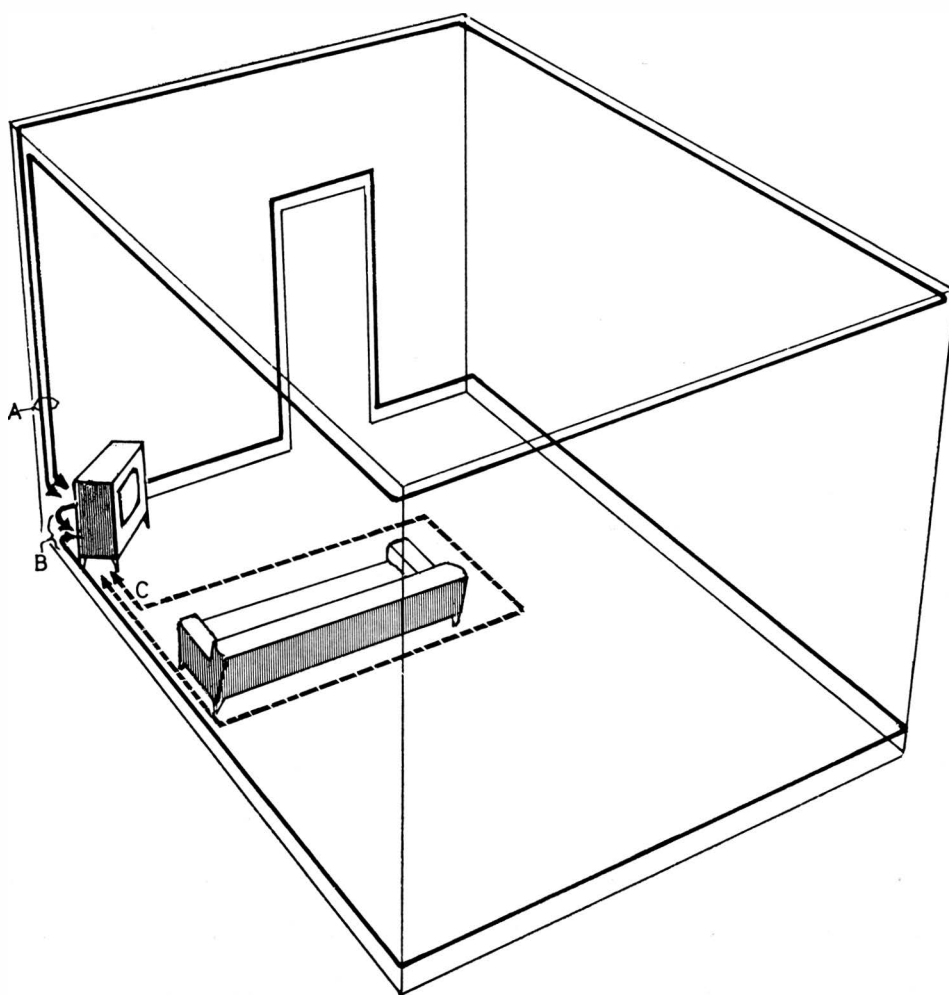


Fig. 19.6 Den induktiva slingan kan anordnas på olika sätt i lyssningsrummet.

En slinga av det här slaget blir betydligt lågohmigare, och det är därför nödvändigt att lägga in ett motstånd på 4 eller 8 ohm i serie med slingan. Induktansen för slingan av exempelvis 20 m² ytinnehåll och 10 varv är av storleksordningen 2 mH. Det betyder att man får en induktiv reaktans vid 1 000 Hz av endast ca 1,2 ohm.

När det gäller elektronrörsförstärkare föreligger inga risker av nyss antytt slag. Man kan utan vidare ansluta slingan direkt till utgången för extrahögtalare på förstärkaren.

Eftersom det magnetiska fältet från en slinga som ligger med sina lindningsvarv i ett horisontalplan blir vertikalt, måste ferritstavens axel stå vertikalt för att man skall få maximal överföring av effekt från slingan. Man måste alltså ha mottagaren applicerad så att ferritstavens axel är någorlunda vertikalt riktad.

Man får också se upp med en annan sak: den induktiva slingan i mottagaren fångar inte bara upp de tonfrekventa signaler, som kommer från slingan, utan tar också upp eventuella störningar från nätspänningen. Denna störfrekvens ligger vid 50 Hz, och även om den hörtelefon man använder inte återger så låga frekvenser kommer dock övertonerna till nätfrekvensen att göra sig hörbara som störande ”nätsång”.

Det gäller därför att försöka få ut så mycket effekt i slingan som möjligt så att man kan dra ner förstärkningen i mottagaren. Därmed gör sig störningarna mindre gällande. Här får man experimentera en del för att få en optimal överföring med så litet störningar som möjligt.

Det kan också visa sig nödvändigt att dra flera varv i rummet för att få upp styrkan över störningsnivån. Det beror på hur pass kräsen man är i fråga om störningsfri mottagning.

Till slut må påpekas att om man skall få avsedd nytta av en lyssningsapparat av här beskrivet slag måste man ha möjlighet att koppla bort ordinarie högtalaren i mottagaren eller förstärkaren som man ämnar koppla in sändarslingan till.

20. Snabbtelefon med integrerad krets

beskrivs i detta kapitel; lätt att bygga, en praktisk sak att ha.

Vi skall i detta kapitel ge ytterligare ett exempel på hur man använder de integrerade kretsarna och beskriva en enkel snabbtelefon i vilken en integrerad förstärkare ingår. Samma förstärkare, som ger 1W effekt, kan man också använda för att ge högtalaråtergivning från de enkla mottagare som beskrivits i föregående kapitel. Man kan också använda samma förstärkare som enkel grammofonförstärkare om man ersätter den lilla i snabbtelefonen inbyggda högtalaren med en större yttre högtalare inbyggd i en lämplig högtalarlåda.

Snabbtelefonen är outhärlig i många professionella sammanhang, exempelvis i de fall man vill ha kommunikation mellan butik och serviceverkstad, mellan lager och försäljningslokal, mellan olika kontorsrum etc. Men en snabbtelefon är också en behändig sak att använda i hemmet. I en villa medger den kommunikation mellan t. ex. hobbyrum eller barnkammare och köket.

Principen för den här beskrivna snabbtelefonen är att man har en huvudapparat och en eller flera sidoapparater. Från huvudapparaten kan man etablera kontakt med önskad sidoapparat genom att man trycker in en tryckknapp, och från den anropade sidoapparaten kan man svara direkt var man än befinner sig i lokalen. Samtal kan utväxlas om en tal/lyssningsomkopplare manövreras på huvudapparaten. Samtliga sidoapparater kan anropas samtidigt från huvudappara-

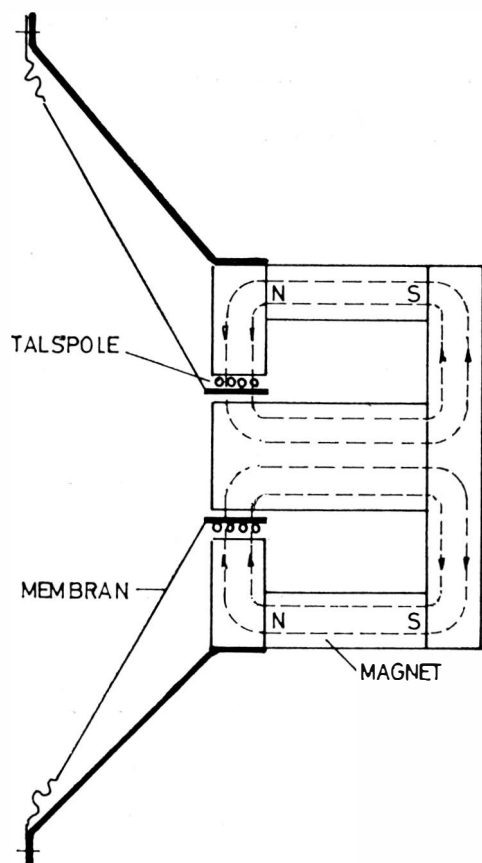


Fig. 20.1 På detta sätt är en dynamisk högtalare uppbyggd. Den fungerar bra också som mikrofon.

ten, och kontinuerlig avlyssning av en sidoapparat kan ske från huvudapparaten.

Principen för den här beskrivna snabbtelefonen är att en liten i huvudapparaten resp. sidoapparaterna inbyggd dynamisk högtalare fungerar dels som högtalare, dels som mikrofon. En dynamisk högtalare är uppbyggd så som visas i fig. 20.1. I ett av permanentmagneterna alstrat magnetfält är en s. k. talspole anbringad; den är mekaniskt kopplad till ett membran. När talspolen genomflyts av en tonfrekvent växelström, kommer spolen att röra sig fram och tillbaka i magnetfältet i takt med de tonfrekventa strömvariationerna. Genom att talspolen är mekaniskt förbunden med membranet kommer talspolens rörelser att överföras till luften, som sätts i vibration när talspolen rör sig fram och tillbaka. På så sätt överförs den tonfrekventa strömmen i talspolen till ljudsvängningar som kan uppfattas med örat.

Omvänt kan man genom att utsätta membranet för luftvibrationer

åstadkomma en ström i en till talspolen ansluten elektrisk krets. Membranet är ju fast kopplat till talspolen, och membranrörelserna fortplantas därför till denna. När talspolen rör sig fram och tillbaka i magnetfältet, induceras i spolen en elektrisk spänning, som är proportionell mot rörelsens hastighet och som växlar i takt med luftvibrationerna, t. ex. de som uppstår när man talar.

De luftvibrationer som uppstår vid vanligt tal är ytterst svaga, och den talfrekventa växelspänningen som man får från talspolen måste förstärkas kraftigt för att man skall få talet återgivet i en annan högtalare. Vidare behövs det en omkopplare på huvudapparaten med vars hjälp man kan vända överföringskedjan för talöverföring i riktning huvudapparat—sidoapparat eller sidoapparat—huvudapparat.

Denna omkopplare fungerar som en s. k. tal/lyssningsomkopplare. I det ena läget kopplas högtalaren på huvudapparaten som mikrofon till förstärkaringången. Samtidigt kopplas sidoapparatens högtalare in på förstärkarens utgång. Personen vid sidoapparatens högtalare hör vad man säger i huvudapparatens högtalare. Vill man ha svar från den person som befinner sig i den lokal där sidoapparaten står uppställd, överförs omkopplaren i lyssningsläge. Därvid kopplas sidoapparatens högtalare till ingången på den förstärkare som ingår i huvudapparaten, och samtidigt kopplas huvudapparatens högtalare till förstärkarutgången. Nu kan alltså motparten framföra ett meddelande, så länge man har knappen i lyssningsläge, och man kan alltså få svar på en fråga.

Denna typ av snabbtelefon är alltså en typisk ”cheftelefon”, som från huvudapparaten kan utnyttjas för att ge besked eller infordra besked.

Naturligtvis kan man komplettera ett sådant system så att det blir möjligt att från sidoapparaten ge en signal till huvudapparaten och påkalla uppmärksamheten hos den som sitter vid denna. Denne kan sedan genom att manipulera tal/lyssningsomkopplaren dirigera det vidare samtalet.

Blockschema

Man får för en snabbtelefon av nyss beskrivet slag ett s. k. block-schema enligt fig. 20.2. Ett sådant schema innehåller endast de stora blocken, som ingår i anläggningen, nämligen högtalarna och förstärkaren jämte de omkopplare som erfordras för manövreringen. Däremot saknas en hel del detaljer beträffande strömförsörjningen m. m. Fördelen med ett sådant blockschema är att man lättare får huvuddragen i systemet klart för sig.

Det finns — inom parentes sagt — all anledning att när man arbetar med mer komplicerad apparatur inte från början belamra scheman och resonemang med detaljer utan endast arbeta med funktionsenheter. Det underlättar ofta de principiella resonemangen och det är lättare att få en överblick över systemet, så att man inte riske-

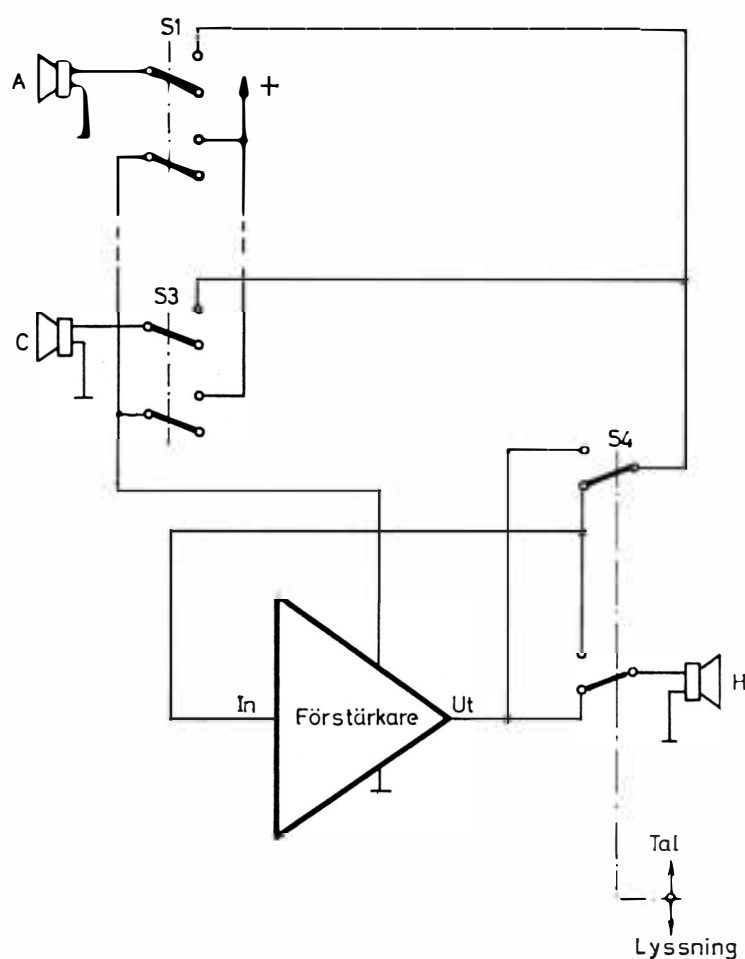


Fig. 20.2 Block-schema för snabbtelefonsystem. Observera att endast en ledningsplansch ritas ut.

rar att inte se skogen för bara träd.

Men nu till detaljerna i snabbtelefonen! I apparaten ingår en integrerad krets, som innehåller tio transistorer och ett lika stort antal resistorer. Schemat för kretsen, som visades i detalj i kap. 18, representeras här av en triangel på vilken endast siffror som representerar de olika tilledningstrådarna är angivna. Se fig. 20.3.

Förstärkarens ingång har siffran 7. Här ansluts inkommande signalspänningen via kopplingskondensatorn C1 på $25\ \mu\text{F}$. Kondensatorns andra ände är ansluten till en volymkontroll i form av en potentiometer P1, med vars hjälp man kan ta ut önskad delspänning till förstärkaringången.

Förstärkaren måste stabiliseras med en del yttre komponenter, en avkopplingskondensator C3 på $100\ \mu\text{F}$ till tilledning 6, en avkopplingskondensator C5 = $47\ \text{nF}$ för högfrekvens över förstärkarutgången, tilledning 2. Mellan 2 och 5 ansluts också en avkopplingskondensator C7 på $400\ \mu\text{F}$. Slutligen ansluts en stor avkopplingskondensator C8 = $100\ \mu\text{F}$ över batteriet 9 V. När den inre resistansen i detta batteri ökar då batteriet börjar bli urladdat, kompenseras denna ökning av den lågohmiga reaktansen i C8.

R1 och C4 bestämmer motkopplingen och därmed förstärkningen i den integrerade förstärkaren. Se nedan.

Högtalarna i huvudapparaten och sidoapparaterna ansluts till förstärkarutgången via en stor elektrolytkondensator C6 på $1000\ \mu\text{F}$.

I den integrerade förstärkaren kan arbetspunkten ställas in med hjälp av ett trimmotstånd R2 inkopplat mellan utgången 2 och en ingång 9. Detta trimmotstånd ställs in så att totala arbetsströmmen uppgår till 8 mA då ingen signal ligger på ingången. Det är viktigt att strömmen inte överstiger det angivna värdet; risk uppstår annars att den integrerade kretsen förstörs genom att en termisk "lavin" uppstår. Därmed förstås att strömmen genom den integrerade kretsen, som ju har liten avkylningsyta, blir så stor att den värmer upp kretsen så mycket att ledningsförmågan hos halvledarmaterialet i kretsen

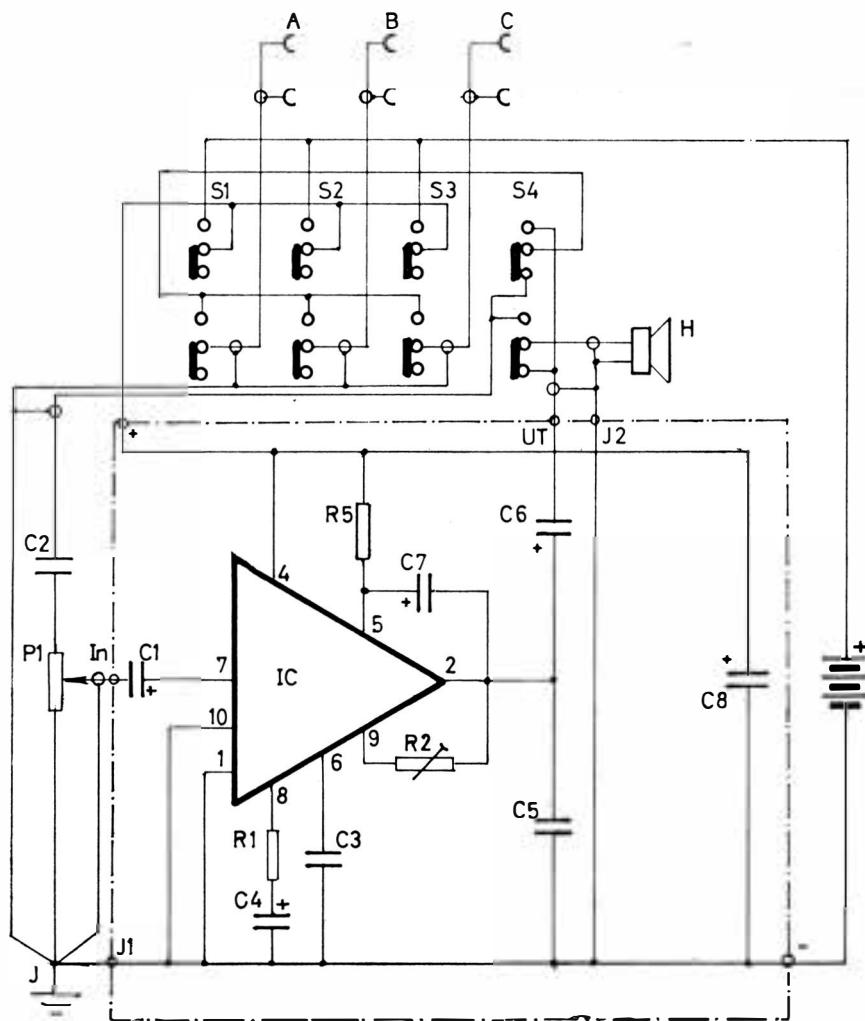


Fig. 20.3 Principschema för snabbtelefon med tre sidoapparater.

Stycklista för snabbtelefon huvudapparat enligt fig. 20.3

- C1 = 25 μ F, el-lyt
- C2 = 100 μ F, 25V, el-lyt
- C3 = 25 μ F, 25V, el-lyt
- C4 = 25 μ F, 25V, el-lyt
- C5 = 47 nF, ker.
- C6 = 1000 μ F, 25V, el-lyt
- C7 = 400 μ F, 25V, el-lyt
- C8 = 400 μ F, 25V, el-lyt
- R1 = 47 ohm, 1/2 W (utprovas)
- R2 = 20 kohm trimpot. kol
- R5 = 100 ohm, 1/2 W
- IC = TA300
- H = Högtalare 4 ohm diam. ca 6 cm
- P1 = 10 kohm pot. kol linj.

Modulchassienheter

- 1 st. universalkretskort CC12
- 1 st. tryckknappsomkopplare 4 knappar med vardera 4×2 lägen
- 6 st. banankontakter för isolerat montage
- 1 st. bottenplåt perforerad aluminium 1,5 mm med uppvikta kanter 20×10 cm
- 1 st. frontpanel 5×20 cm
- 1 st. bakpanel 5×20 cm
- 4 st. plåtskruvar
- 1 st. skruv M3 $\times$ 30
- 8 st. skruvar M3 $\times$ 10
- 2 st. skruvar M3 $\times$ 20
- 14 st. muttrar M3
- 8 st. distansrör 12 mm, inre diam. 3,5 mm, yttre diam. 6 mm
- 6 st. gummifötter
- 1,5 m skärmkabel, enkelledare

ökar; därmed ökar strömmen ytterligare. Detta leder till en ytterligare uppvärmning av halvledarmaterialet och därmed är termiska lavinen i rullning och går inte att hejda om man inte slår ifrån batteriet.

Förstärkarens egenskaper kan påverkas genom s. k. motkoppling från förstärkarens utgång till ingången. Graden av motkoppling kan i denna förstärkare varieras genom att ett motstånd, R1, kopplas in i serie med en stor kondensator $C4 = 25 \mu\text{F}$ mellan tillledning 8 och 10. Ju höghögare detta motstånd R1 är, desto kraftigare blir motkopplingen i förstärkaren.

Kraftigare motkoppling minskar förstärkningen. Men motkoppling medför samtidigt en förbättring av förstärkaren, såtillvida att förstärkarens distorsion minskar samtidigt som dess förmåga att återge höga och låga signalfrekvenser ökas. Över huvud taget förbättras förstärkarens data med ökad motkoppling.

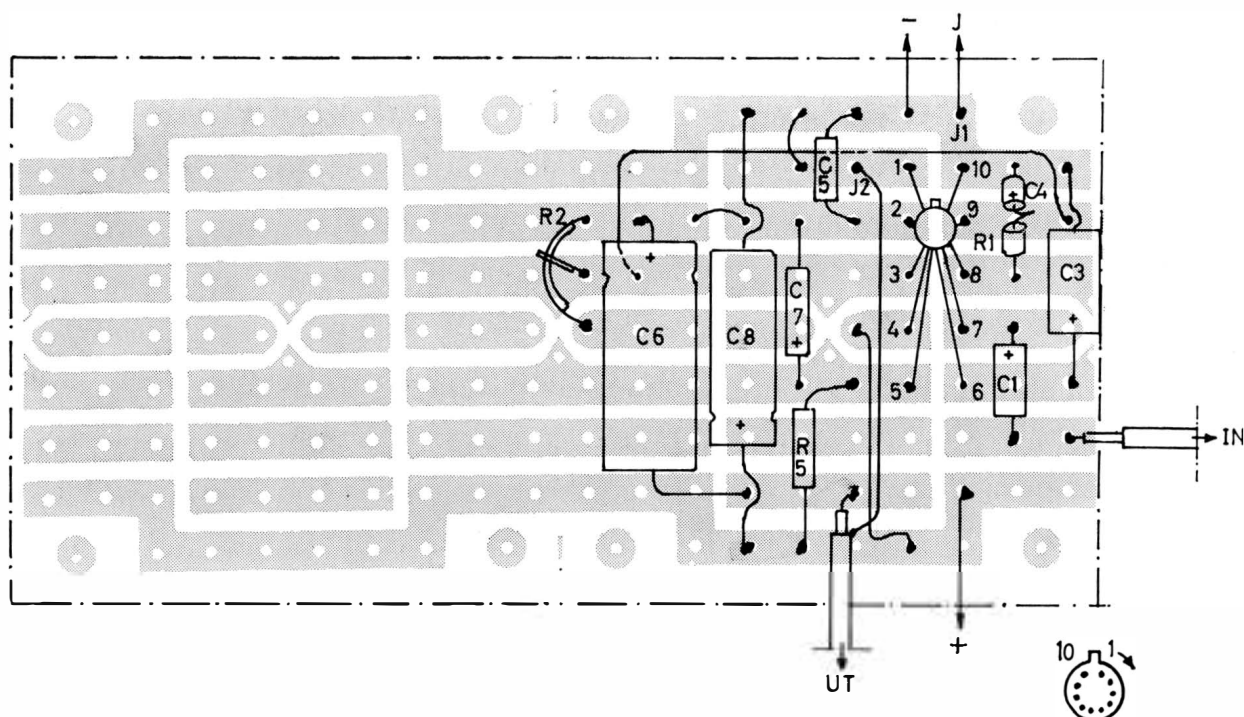


Fig. 20.4 Komponentplacering för kretskortet i snabbtelefonen i fig. 20.3.

Med $R1 = 47 \text{ ohm}$ är förstärkningen ca 300 ggr vilket betyder att ca 8 mV insignal ger full uteffekt 1W i 4 ohms högtalare. Distorsionen är då mindre än ca 0,5 % och frekvensområdet för förstärkaren sträcker sig uppåt 20 kHz.

Ökas $R1$ till det dubbla, alltså till ca 150 ohm, minskar förstärkningen till hälften. Om man går upp till $R = 1\,000 \text{ ohm}$ (inte högre eftersom då risk för instabilitet uppstår), får man en förstärkning av ca 15 ggr, och det fordras då ca 150 mV insignal för full uteffekt.

I snabbtelefonen behövs det ca 300 ggr förstärkning, och motståndet $R1$ är därför valt till 47 ohm. Den förstärkning som erfordras är dock beroende av de högtalare som används och det kan därför krävas en del experiment med olika värden på $R1$ för att få lämpligaste förstärkning. Om förstärkaren skulle visa tendens till självsvängning — vilket yttrar sig som ihållande tjut vid fullt uppdragen volym — kan en kondensator på ca $1 \mu\text{F}$ parallellt över ingången (mellan stift 7 och 10) oftast klara problemet.

De fyra tryckknappsomkopplare som ingår i snabbtelefonen har vardera två växlingar. Tre av omkopplarna används för att koppla in resp. sidoapparater till förstärkarens ingång; samtidigt kopplas + -polen på batteriet 9 V till förstärkaren.

Den fjärde omkopplaren är en tal/lyssningsomkopplare. Med denna kopplas sidoapparaten bort från förstärkaringången och över till förstärkarutgången, och samtidigt kopplas huvudapparatens högtalare bort från förstärkarutgången och i stället över till ingången.

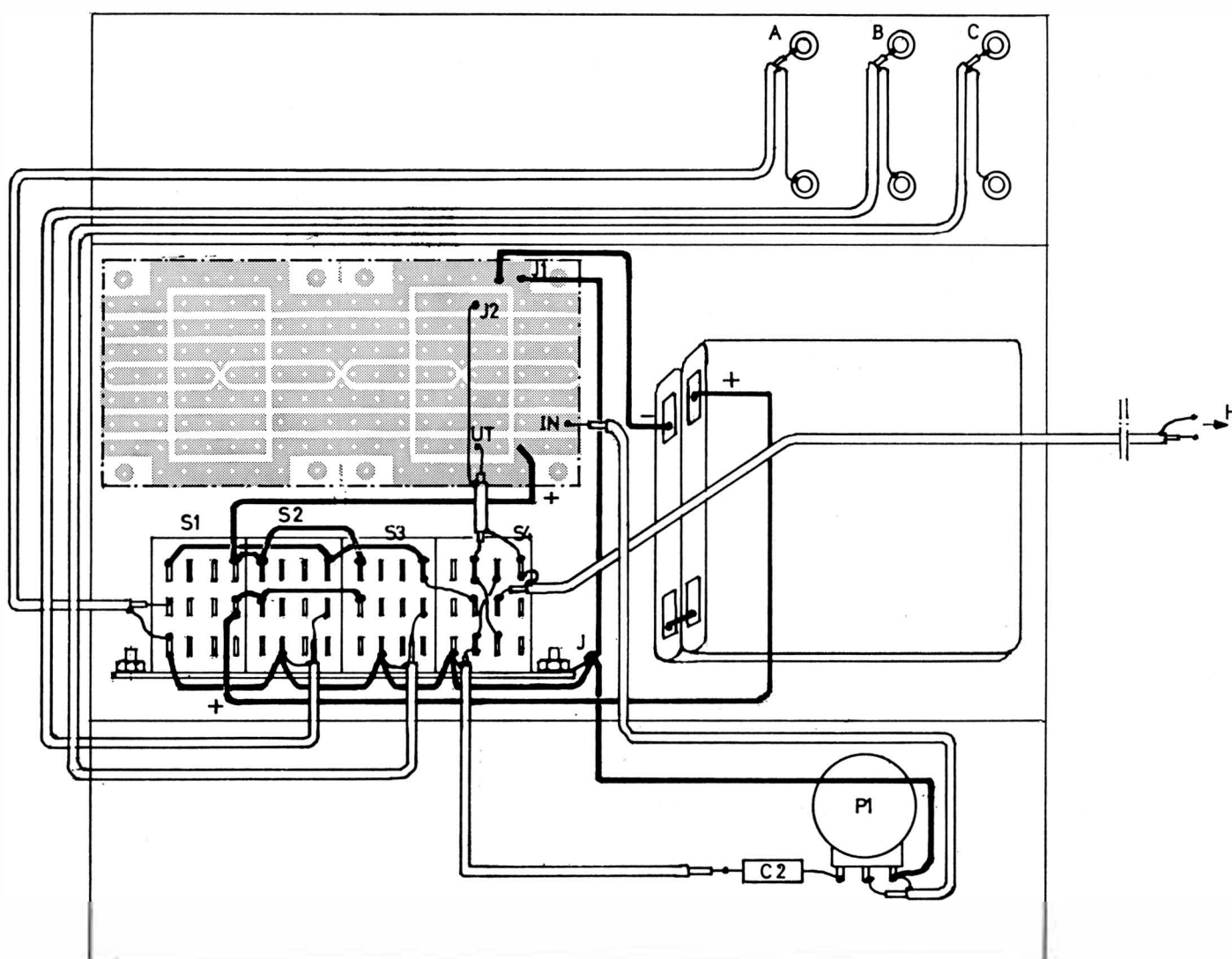


Fig. 20.5 Kopplingschema för huvudapparaten.

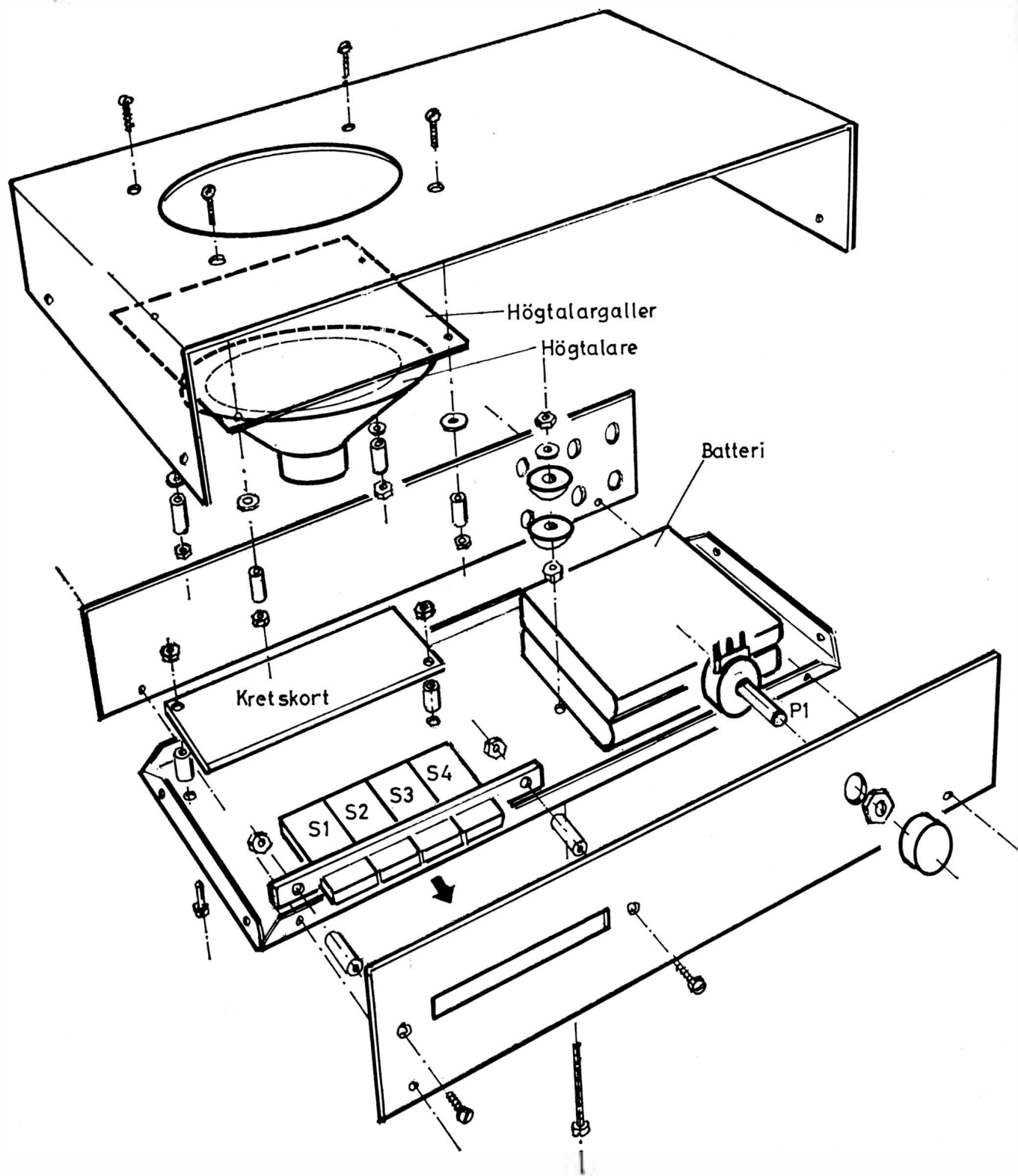


Fig. 20.6 Apparatlådan med snabbtelefonen byggs ihop av modulchassienheter.

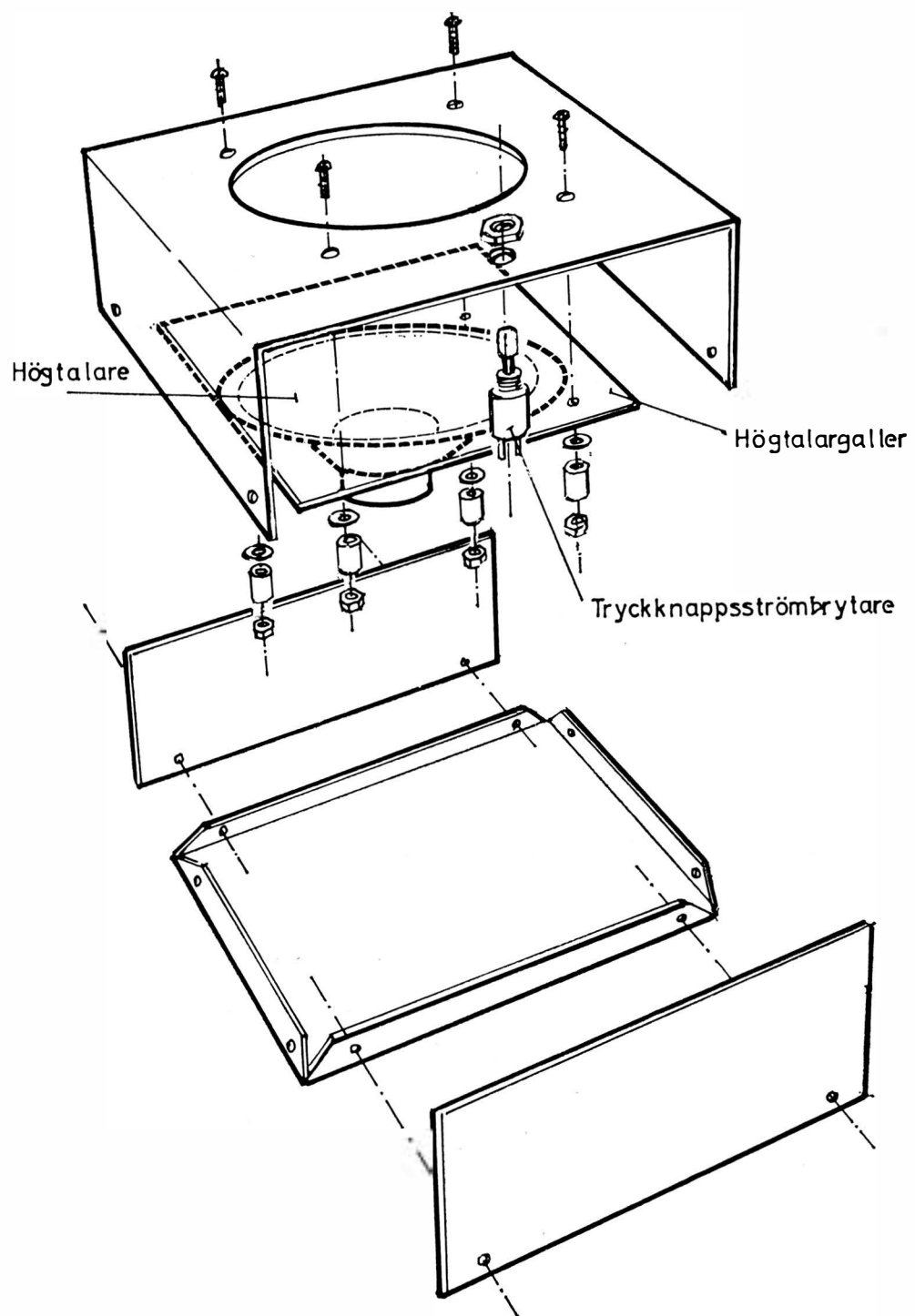


Fig. 20.7 Apparatlådan för sidoapparaterna.

Viktigt är att tryckknappsomkopplarens växlingskontakter är utformade så att inte ytterkontakterna kortsluts vid växlingen, dvs. omkopplarens rörliga skena får inte nå ytterkontakt 1 innan skenan lämnat ytterkontakt 2. I annat fall förbinds ju när tal/lyssningsomkopplaren manipuleras förstärkarens ingång med utgången. Därvid uppstår s. k. återkoppling som i en förstärkare av detta slag resulterar i en kraftig självsvängning, vilken ger sig tillkänna som en störande tonsignal.

I fig. 20.4 visas hur förstärkaren är uppbyggd med komponenterna inlödda på ett universalkretskort. Från kretskortet går in- och utgångsledningar m. m. till kontakthylsor på bakpanelen och till volymkontrollen P1 och tryckknappsomkopplaren på frontpanelen. Vidare går två trådar till batteriet — två stycken 4,5 V ficklampsbatterier i serie — och två ledningar går till en liten högtalare i apparathöljets överstycke. Hur dessa kopplingar utförs framgår av kopplingsschemat i fig. 20.5. I perspektivritningen fig. 20.6 visas hur kretskortet och övriga komponenter monteras på bottenplåten, på front- och bakpanel och överstycke.

Snabbtelefonen kan förses med extra uttag för yttre högtalare. Detta med hänsyn till att förstärkaren skall kunna användas för annat ändamål, t. ex. som grammofonförstärkare eller extra förstärkare för de radioapparater som beskrivits i tidigare kapitel. Pick-up resp. utgången på nyssnämnda apparater ansluts då helt enkelt till ett par av de kontakthylsor som egentligen är avsedda för anslutningstrådarna till sidoapparaterna. Se vidare kap. 21.

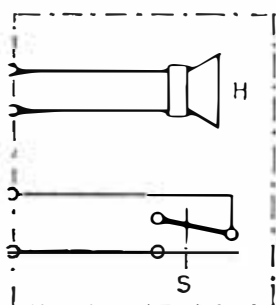


Fig. 20.8 Principschema för sidoapparaterna. Genom att förse sidoapparaten med en tryckknapp kan man via en separat 2-tr ledning starta en summer eller ringklocka uppställd vid huvudapparaten så att personen vid huvudapparaten varskos om att man önskar talkontakt.

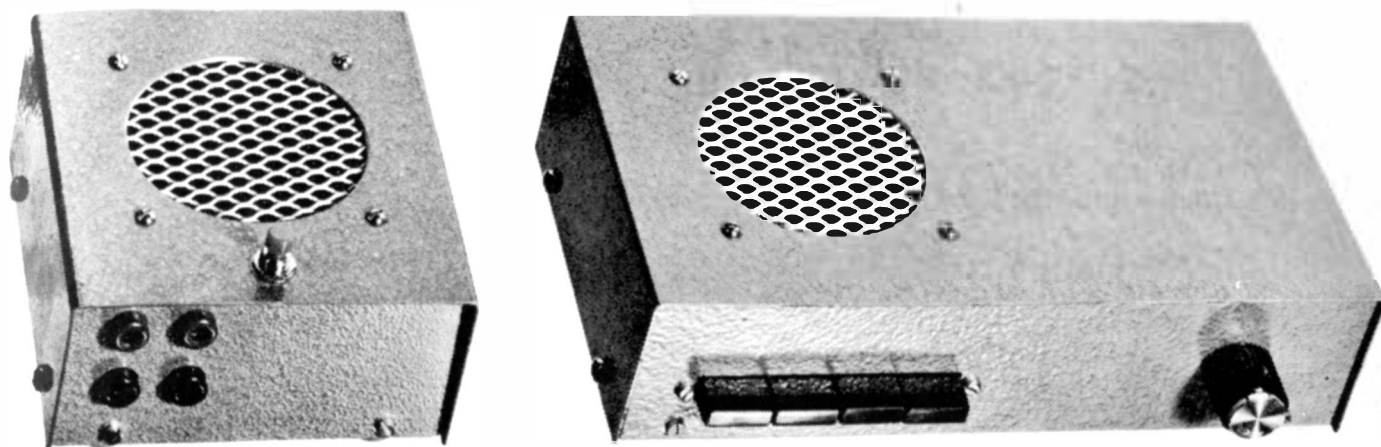


Fig. 20.9 Huvudapparat och en sidoapparat färdigbyggda.

De två seriekopplade ficklampsbatterierna kläms fast mot bottenplattan mot en stoppskruv försedd med ett par gummifötter. I sidled hålls batteriet i läge av potentiometern P1 på frontalpanelen och av kontakthylsorna på bakpanelen.

Högtalaren skruvas fast mot överstycket med fyra skruvar och muttrar, som samtidigt håller ett skyddande högtalargaller på plats. En på överstyckets översida fastklistrad gummifot klämmer fast batterierna mot bottenplattan.

Sidoapparaterna

Sidoapparaterna, som enbart innehåller en högtalare, har en uppbyggnad enligt fig. 20.7. För sidoapparaterna utnyttjas en mindre apparatlåda med dimensionerna $10 \times 10 \times 5$ cm. Högtalaren monteras i apparatens överstycke på samma sätt som högtalaren i huvudapparaten.

Sidoapparaten kan försees med tryckknapp som via en separat 2-trådig ledning förbinds med en summer eller ringklocka vid huvudapparaten. För denna kan 9-volts batteriet i huvudapparaten utnyttjas. Fig. 20.8.

Hur de färdiga apparaterna tar sig ut visas i fig. 20.9.

21. Återkopplad mottagare för mellanvåg och kortvåg

Effektiv mottagare, rekordenkel att bygga.

De mottagare som beskrivs i kap. 13 och 17 är avsedda enbart för mellanvågsområdet. I detta kapitel skall visas hur man går ett steg vidare och bygger en mottagare som kan användas också för kortvåg. Detta har möjliggjorts genom att mottagaren försetts med utbytbara spolar.

Ytterligare en förbättring har införts: mottagaren är försedd med återkoppling i HF-steget vilket gör att man i väsentlig grad kan öka känsligheten vid mottagning av svaga signaler. Därmed kan man med denna mottagare avlyssna betydligt mera avlägsna sändare.

För att möjliggöra högtalarmottagning har denna mottagare dessutom försetts med en 1W integrerad förstärkare i stället för ett enkelt LF-steg.

HF-steget

Mottagarens principschema visas i fig. 21.1. Om vi tittar närmare på HF-steget finner vi att spolarna L1 och L2 kopplats in på ett annat sätt än i tidigare beskrivna mottagare. L1 fungerar visserligen även i denna mottagare som avstämningsspole, kretsen avstäms med vridkondensatorn C_v men spolen L2 är inkopplad till en potentiometer P2 på 5 kohm i HF-stegets kollektorkrets. Därmed fungerar L2 som s. k. återkopplingsspole.

Återkoppling ökar förstärkningen

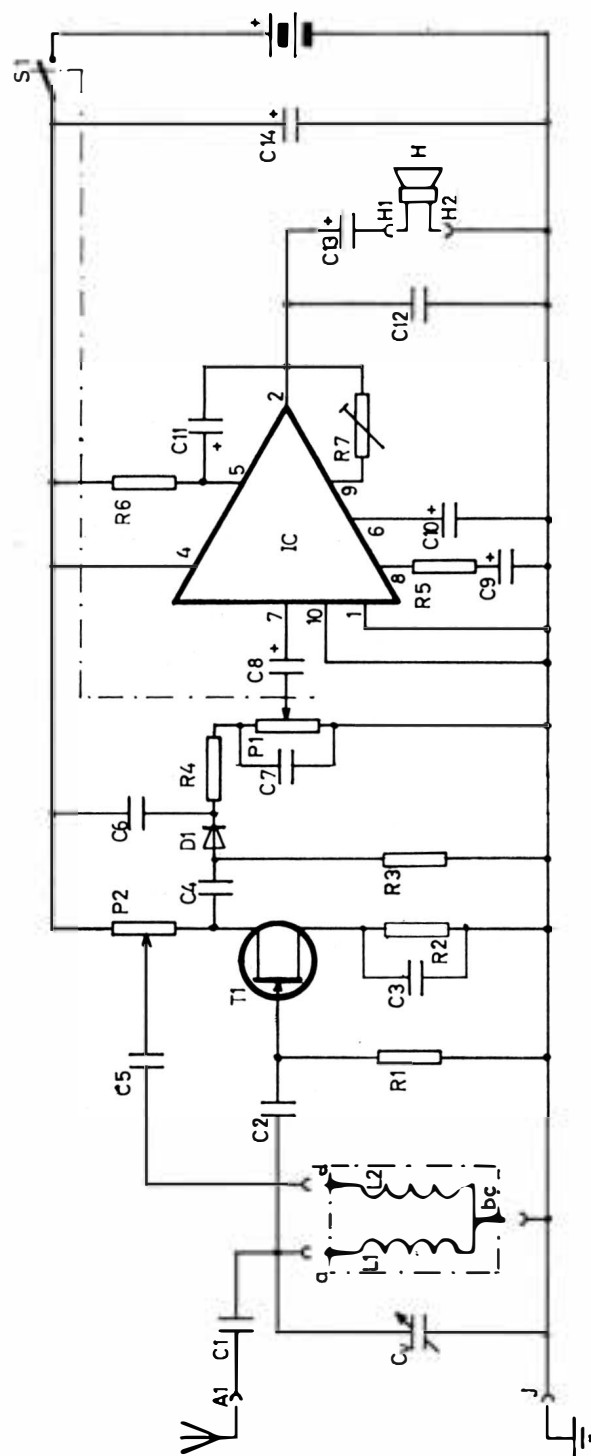
Spolen L2 utnyttjas nu för att från HF-transistorns kollektorkrets återföra den förstärkta HF-signalen till transistorns ingång. Den återmatade signalen blir då ånyo förstärkt i HF-transistorn, återmatas återigen till ingången osv. med resultat att förstärkningen i transistor stiger långt utöver vad transistor kan prestera utan återkoppling.

För att systemet skall fungera måste dock den återkopplade spänningen ligga i fas med den ursprungligen inmatade, och det gäller därför att spolarna L2 och L1 är rätt vända (se nedan).

Graden av återkoppling kan regleras genom att man reglerar förstärkningen i detektortransistor. Detta sker i modellapparaten med en potentiometer P2 med vars hjälp man tar ut lämplig del av utspänningen från HF-transistor till återkopplingsspolen.

Redan nu kan nämnas att man inte bör driva återkopplingen för långt genom att dra på för stor förstärkning. Orsaken härtill är att HF-steget då kan råka i självsvängning, men det är just innan denna gräns överskridits som man får maximal förstärkning i detektorn. Överskrids svängningsgränsen spolieras mottagningen i den egna mottagaren och samtidigt — och det är värre! — kan man förorsaka störningar i grannens mottagare, genom att HF-transistor, när den självsvänger, fungerar som en liten sändare, vars signal ju skickas ut direkt på antennen. En sådan störsignal kan ge upphov till interferensstörningar i angränsande apparater. Man får alltså sköta återkopplingsratten med försiktighet så att inte självsvängning uppstår.

Det bör kanske påpekas att återkopplingen knappast ökar mottagarens känslighet för starka signaler från t. ex. lokalsändaren. Detta hänger samman med att transistorer har så litet "utstyringsområde", dvs. en relativt hög ingångssignal slår lätt efter förstärkning "huvudet i taket", genom att signalen mätt från topp blir lika stor som batterispänningen. När det gäller svagare signaler däremot är det mindre risk för överstyrning. Man kan därför arbeta med stark återkoppling (= stor förstärkning) vid svaga insignal.



Utbytbara spolar

För att göra mottagaren användbar för mottagning på flera frekvensband är spolenheten $L1 + L2$ utbytbar. Fig. 21.2 visar hur spolstom-

Stycklista för återkopplad mottagare för mellan- och kortvåg

Cv = 0–400 pF variabel kondensator med glimmerisolering
C1 = 100 pF ker
C2 = 100 pF ker
C3 = 0,1 μ F ker
C4 = 100 pF ker
C5 = 100 pF
C6 = 1nF ker
C7 = 1 nF ker
C8 = 25 μ F, 25V
C9 = 25 μ F, 25V
C10 = 100 μ F, 25V el-lyt
C11 = 2,2 nF, ker
C12 = 47 nF, ker
C13 = 100 μ F, 25V, el-lyt
C14 = 400 μ F, 25V, el-lyt
R1 = 1Mohm
R2 = 1,5 kohm–4,7 kohm utprovas
R3 = 10 kohm 1/2 W
R4 = 10 kohm 1/2 W
R5 = 100 ohm, 1/2 W
R6 = 47 ohm, 1/2 W
R7 = 20 kohm, 1/2 W trim
L1 + L2 = se texten
D1 = diod, germanium för signallikriktning MF. Ex AA112, AA117, AA134.
P1 + S1 = 10 kohm, pot linj med strömbrytare
P2 = 5 = kohm linj, kol
T1 = TIS34
IC = TA300

Modulchassienheter:

1 universalkretskort CC12
1 st. bottenplåt perforerad aluminium 1,5 mm med uppvikta kanter 20×10 cm
1 st. frontpanel, 5×20 cm
1 st. bakpanel, 5×20 cm
4 st. bananhylsor för isolerat montage
4 st. plåtskruvar
3 st. distansrör längd 20 mm, inre diam. 3,5, yttre diam. 6 mm
4 st. skruvar M3×30
8 st. skruvar M3×10
16 st. muttrar M3
6 st. gummifötter
3 st. rattar
2 m kopplingstråd plastisol. förtent 0,5 m
1 st. spolstomme, 15 mm diam, 55 mm lång
2 st. fiberbrickor, 1,5 mm, inre diam. 15 mm yttre diam. 20 mm

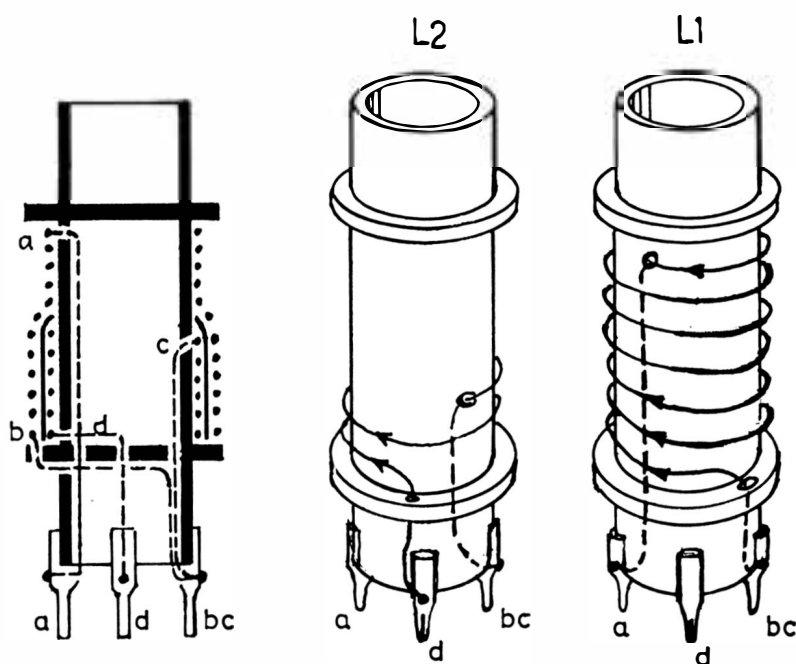
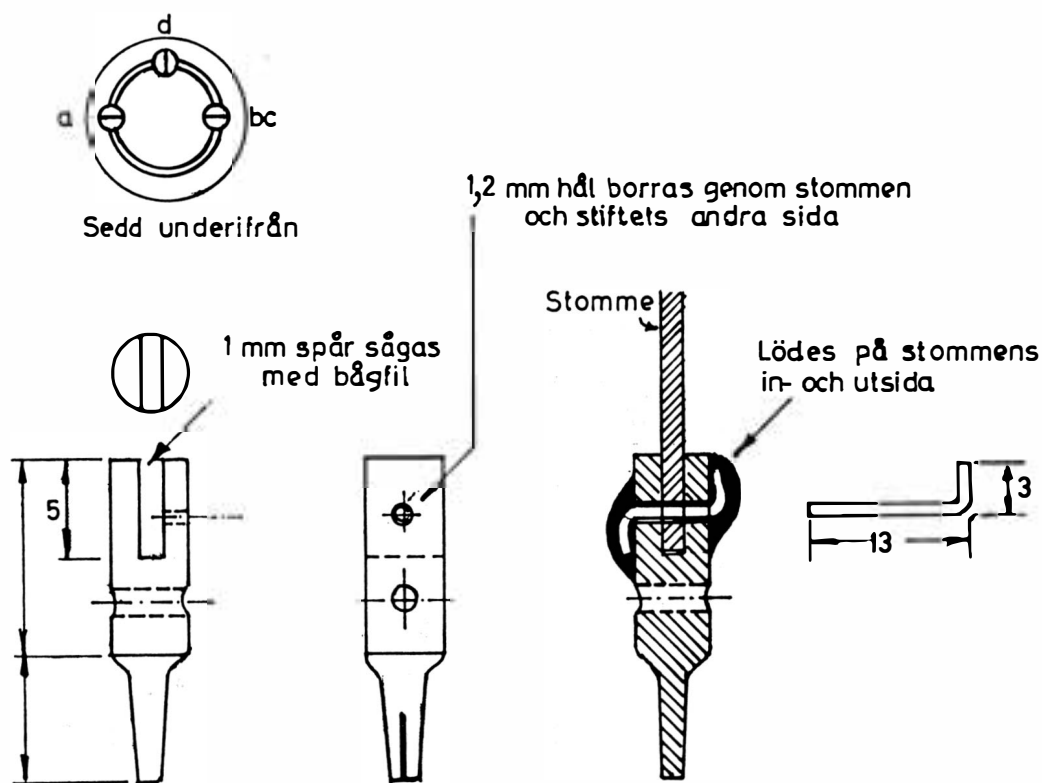


Fig. 21.2 På detta sätt tillverkas och lindas de utbytbara spolarna L1 + L2. Spolstommens tre kontaktstift a, bc och d passar till kontakthylsor som löds in i uppborrade hål på kretskortet.



men med L1 + L2 förses med kontaktstift nedtill på spolstommen och hur dessa förbinds med spolarna. I samma figur visas också hur de två spolarna skall lindas och anslutas. Viktigt är att man lindar och ansluter spolarna exakt så som antyds i fig. 21.2. Se även fig. 21.3.

De utbytbara spolarna ansluts till kretskortet via kontakthylsor som löds in på kretskortet. Fig. 21.4.

Samtliga spolar lindas med spolen L1 underst på spolstommen. Börja vid nedre gaveln med spolände b och linda varvrätt upp mot andra gaveln, där spoländan a tas ut genom ett hål i spolstommen och förs ned till kontaktstiftet a nedtill.

Lägg därefter ett varv tejp över L1 och börja sedan linda L2 från uttag d, som lindas från nedre gaveln mot övre och i samma lindningsriktning som spolen L1. Den andra änden (c) på spolen L2 fixeras och dras genom ett hål i nedre gaveln till kontaktstift bc i fig. 21.2.

Man kan också — så som visas i fig. 21.2 — först linda L2 och därefter L1 ovanpå L2.

Lindningsdata för spolarna för olika frekvensband återfinnes i tab. 21.1. Se även fig. 21.5.

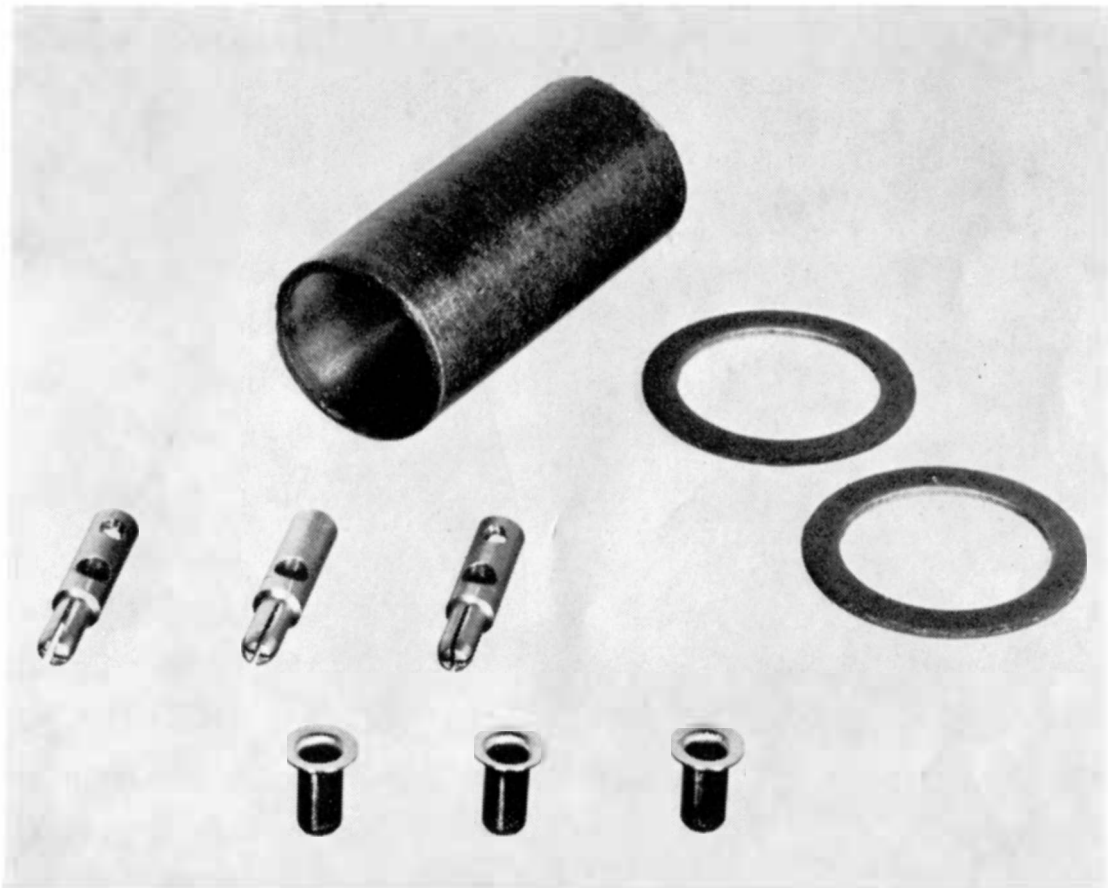


Fig. 21.3 Material för de utbytbara spolarna. Nederst: nitar med 2,5 mm inre diameter utnyttjas som kontakthylsor, de nitas fast i kretskortets ledningsmönster; se fig. 21.4.

Tab. 21.1 Lindningsdata för spolarna för olika frekvensband är följande:
Se fig. 21.5.

Antal varv		Frekvensband
L1	L2	MHz
100 varv 0,20 mm	30 varv 0,20 mm	0,5—1,5
20 varv 1,0 mm	5 varv 1,0 mm	1,5—4,5
15 varv 1,0 mm	3 varv 1,0 mm	3—9

Spolarna lindas med lackisolerad koppartråd med de tråddimensioner (tråddiameter) som anges i tabellen ovan.

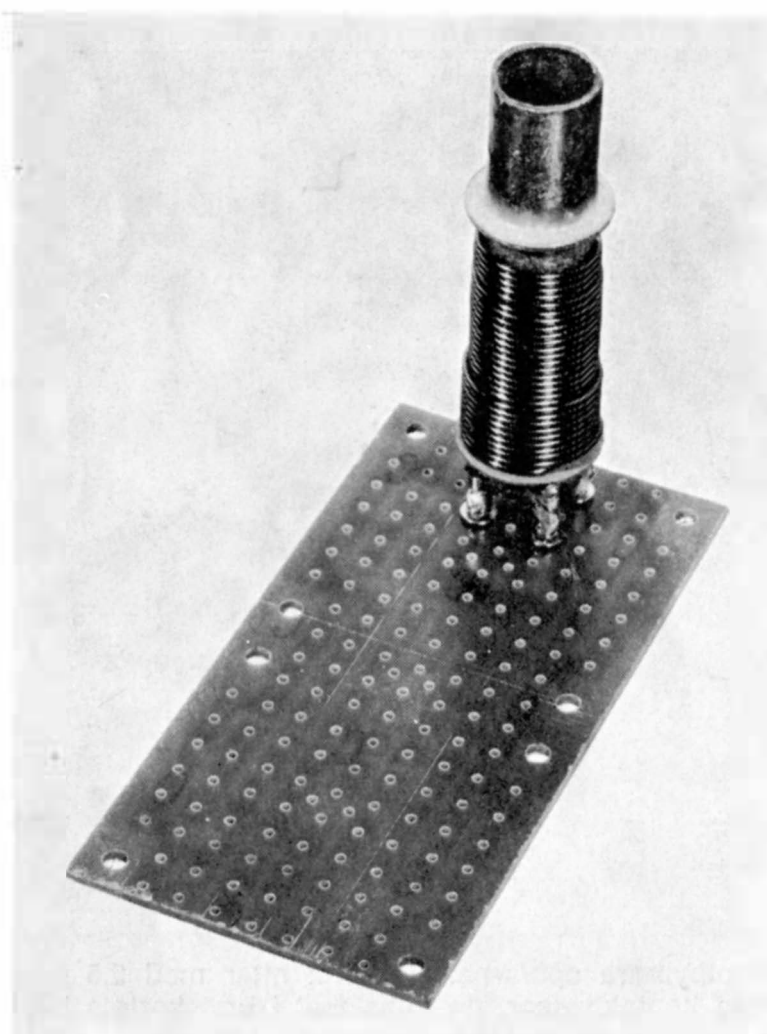


Fig. 21.4 De nitar som utnyttjas som kontakthylsor löds in till universal-kretskortet.

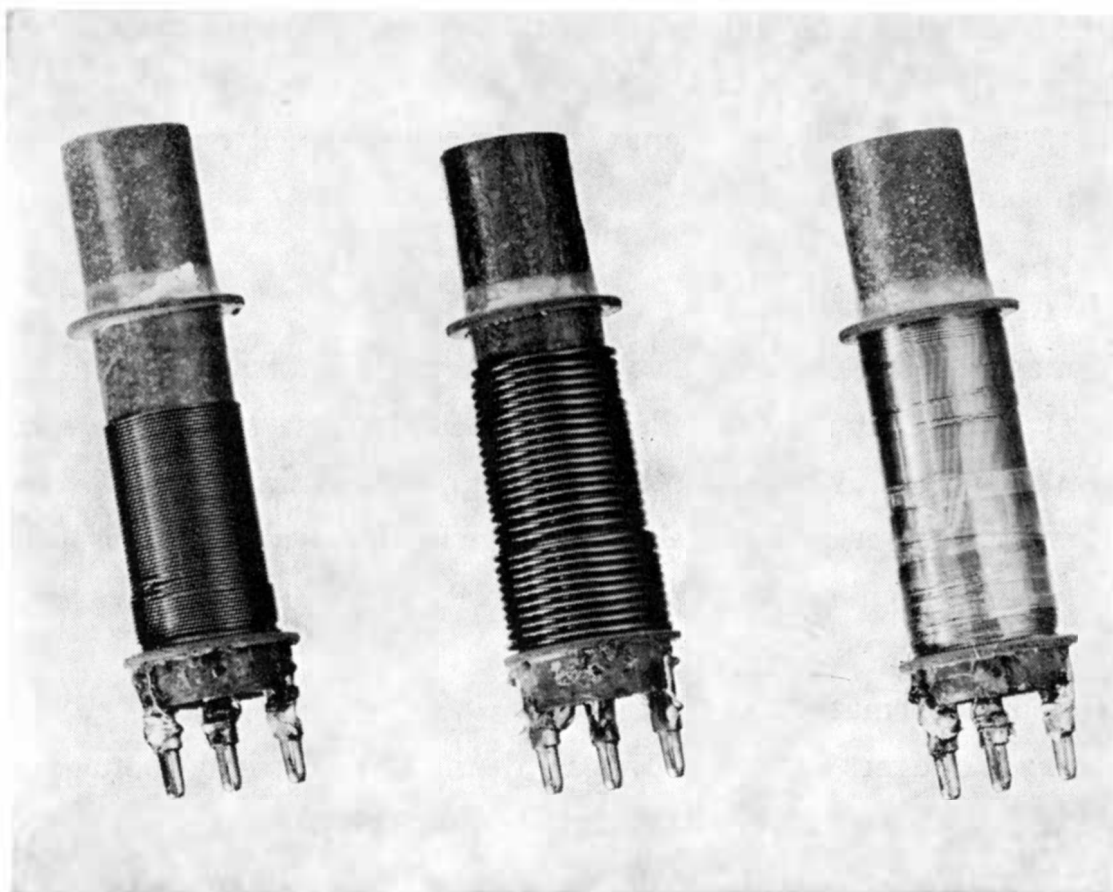


Fig. 21.5 Utbytbara spolar för 1,5–4,5 MHz (t. v.), 3–9 MHz (i mitten) och 0,5–1,5 MHz (t. h.).

I denna mottagare fungerar HF-transistorn som återkopplat förstärkarsteg. Den i HF-steget förstärkta högfrekventa signalen likriktas med D1 varvid C6 fungerar som laddningskondensator. Med hjälp av RC-filtret $R4 + C7$ filtreras HF-signalkomponenten bort så att den inte når in på den efterföljande LF-förstärkaren. Den lågfrekventa signalen påverkas inte av C7, eftersom reaktansen för denna är höghmig för så låga frekvenser. C4 spärrar likspänningen från kollektorn på T1 så att inte D1 förspännes i framriktningen. R3 lägger katoden på D1 likspänningsmässigt på 0-potential. Den från HF befriade LF-signalen påföres volymkontrollen P1 varifrån LF-signal av lämplig styrka kan påföras LF-förstärkaren. Ev. tendens till självsvängning i den integrerade kretsen via HF-steget kan avhjälpas med en extra filterlänk i kollektortilledningen till T1. Filtret kan bestå av

ett motstånd R2 på 1 kohm kopplat mellan +-skenan och tilledningen till P2. Förbindningspunkten mellan R2 och P2 avkopplas till -polen eller "minusskenan" på kretskortet med en elektrolytkondensator på 100 μ F, 25 V.

1W LF-del

Mottagarens LF-del utgörs av en integrerad förstärkare av samma slag som den som ingick i den i kap. 20 beskrivna snabbtelefonen. Motkopplingen är så vald att ca 300 ggr förstärkning erhålls i LF-delen, vilket ger god hörtelefonmottagning för svaga signaler och högtalarmottagning för starkare signaler.

Kopplingsschemat

Denna mottagare är liksom övriga i denna bok beskrivna mottagare uppbyggd på ett universalkretskort; komponentplaceringen på detta

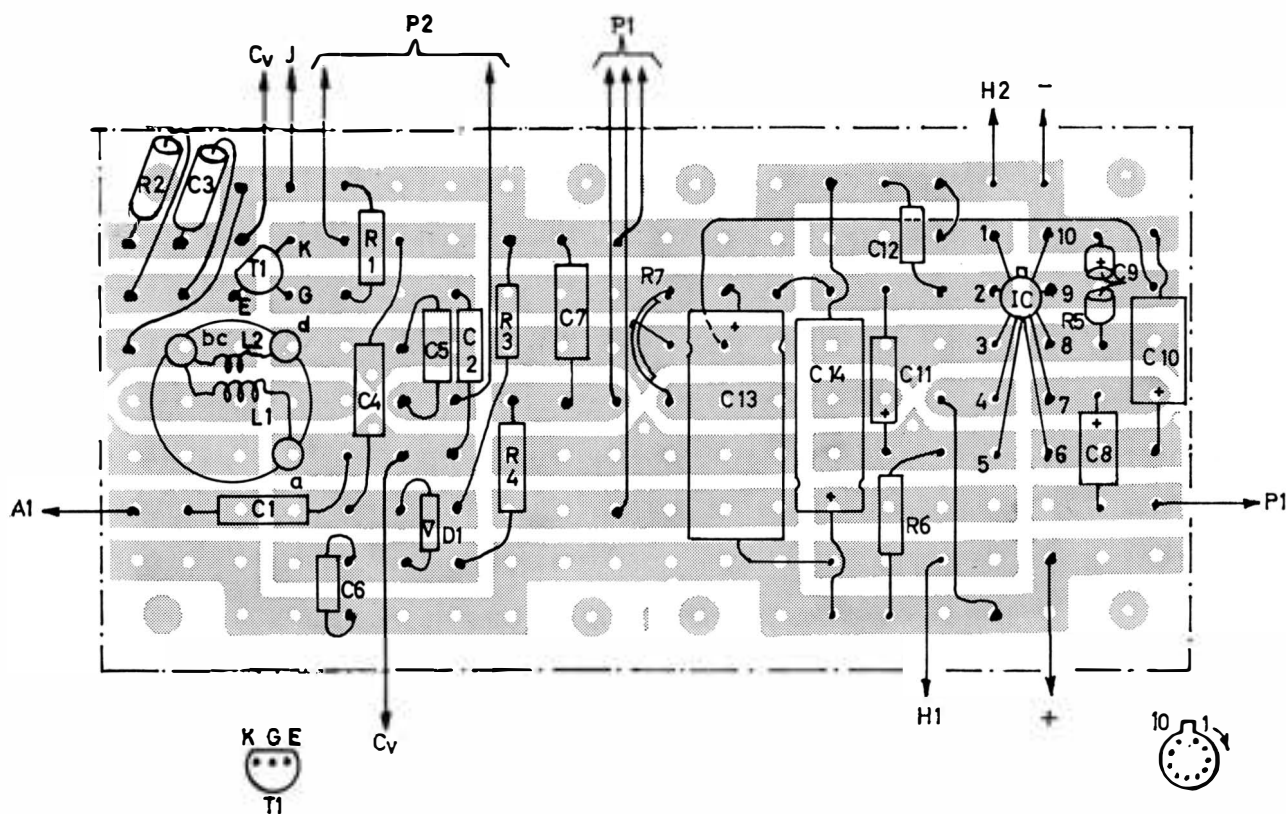


Fig. 21.6 Komponentplaceringen på mottagarens kretskort.

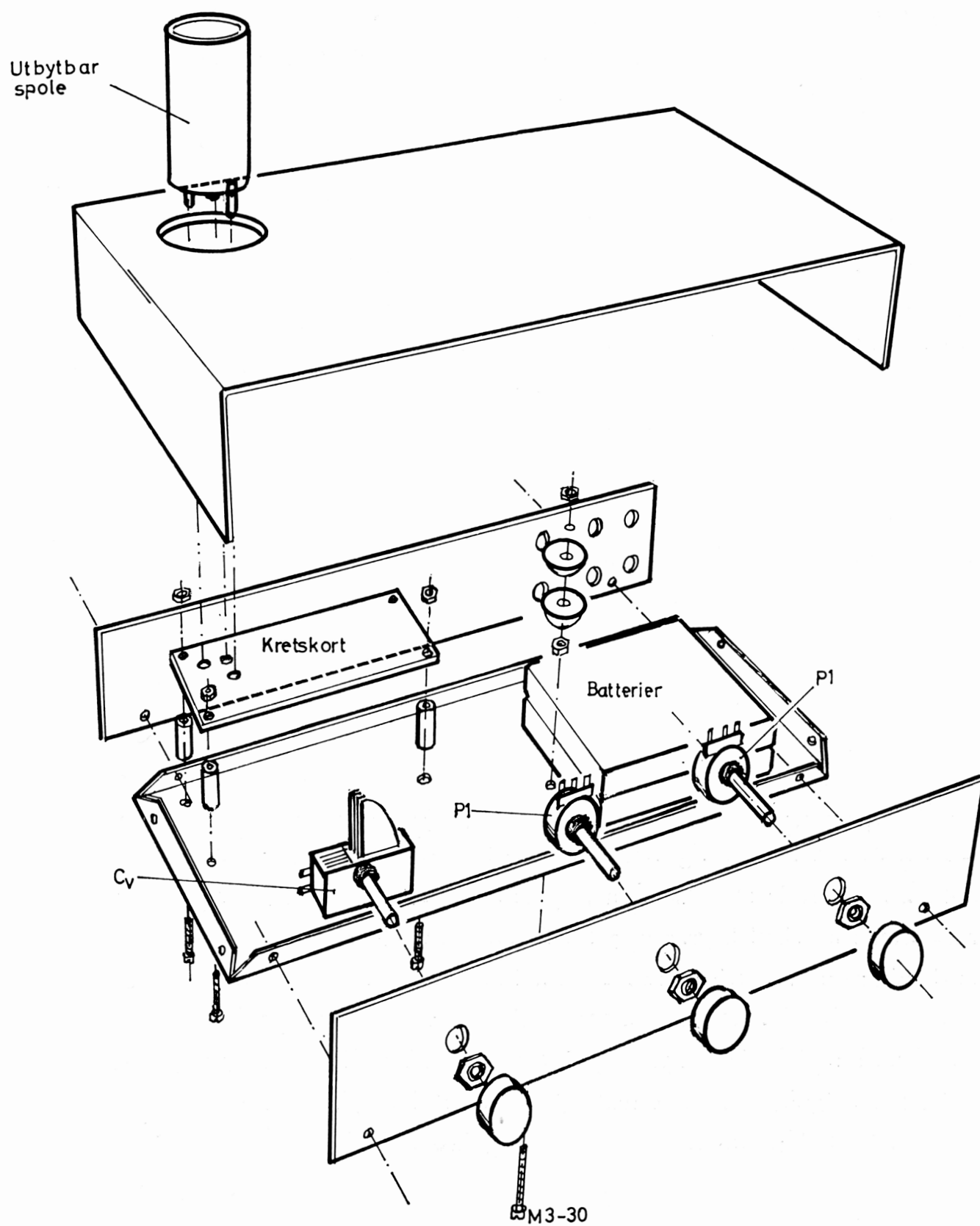


Fig. 21.7 Apparatens mekaniska uppbyggnad.

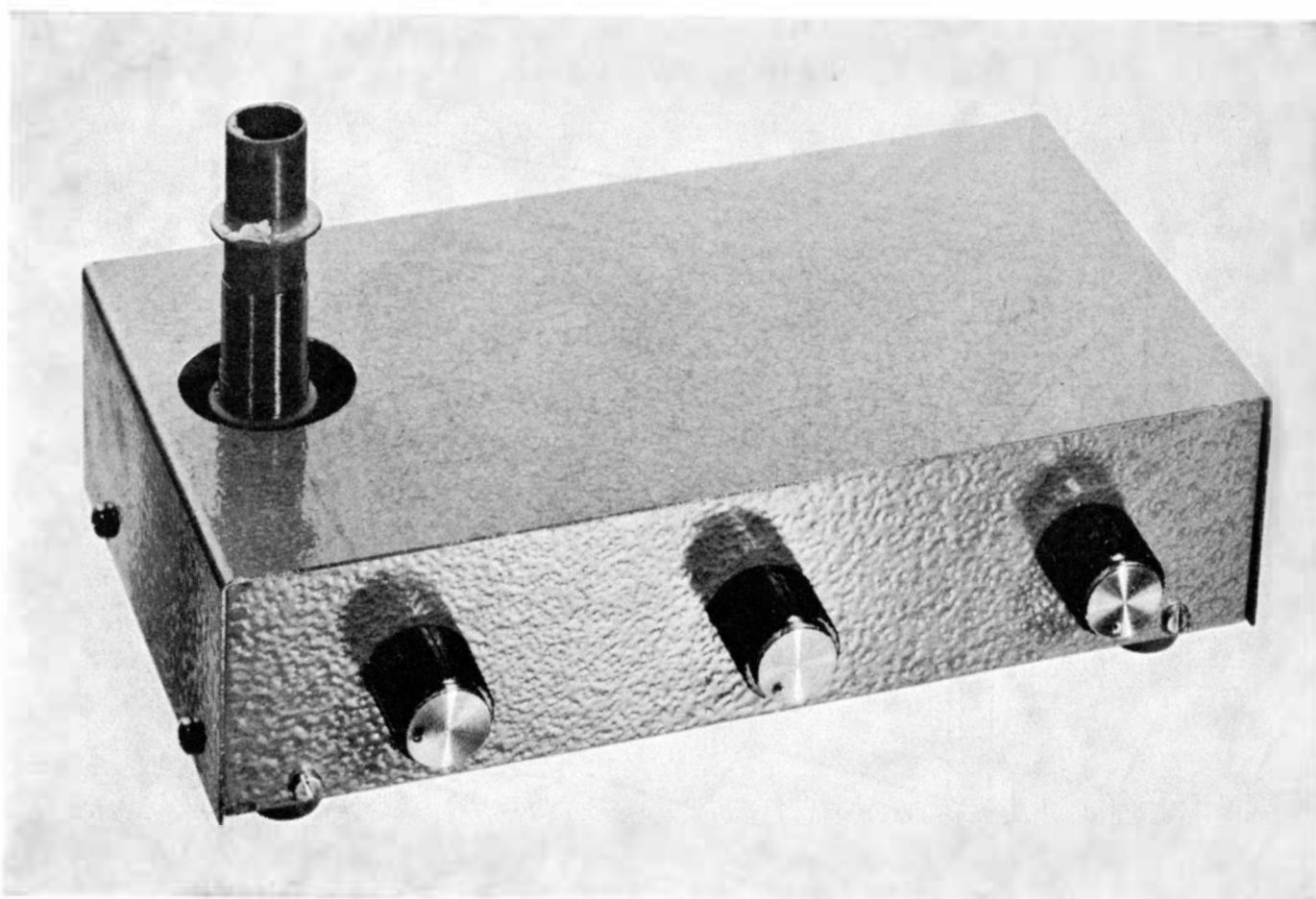


Fig. 21.8 Den färdiga mottagaren.

kort visas i fig. 21.6. I figuren är de tre kontakthylsorna för spolen $L1 + L2$ markerade med kraftiga ringar; de visar läget av de hål på kretskortet som skall borraras upp till 3 mm diameter så att man får ner de nitar som utnyttjas som kontakthylsor.

Apparatens uppbyggnad

Fig. 21.7 visar apparatens mekaniska uppbyggnad. Observera att ett cirkulärt hål måste tas upp i övre plåtsvepet för de utbytbara spolarna. Observera också hur kretskortet monterats horisontellt på tre distansrör som hålls fast med tre skruvar och muttrar mot apparatlådans bottenplatta.

Fig. 21.9 visar kopplingsschemat för kretskortets anslutning till

kontaktdonen på bakpanelen samt till variabla kondensatorn C_v , återkopplingspotentiometern P2 och volymkontrollen P1 på frontpanelen.

Fig. 21.8 visar den färdiga apparaten.

”Kortvågsproblem”

Om den här beskrivna mottagaren utnyttjas på kortvåg, stöter man på en del nya problem. Till en början bör kanske nämnas att stationerna på kortvåg förefaller att ligga mycket tätare än på mellanvåg.

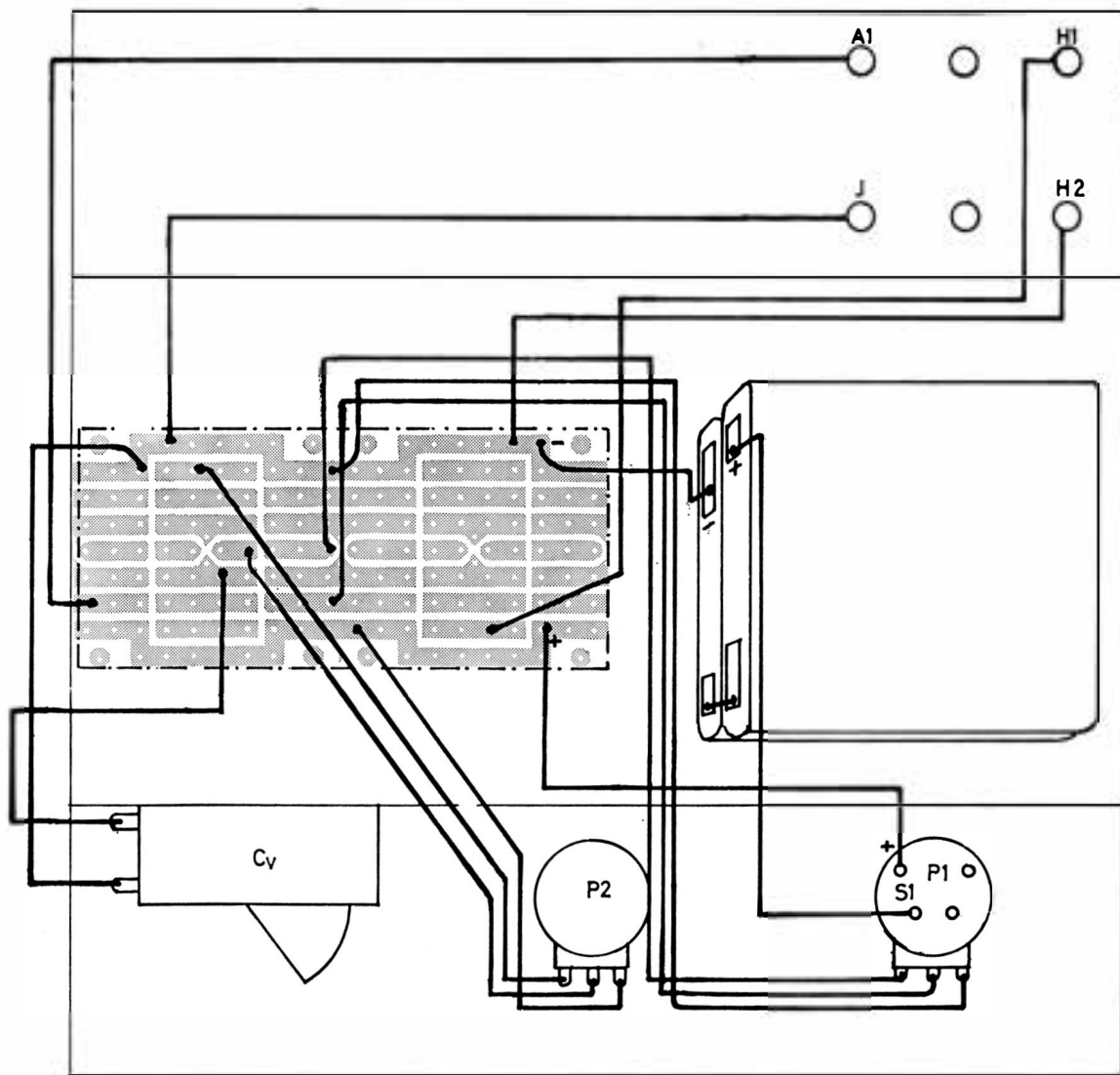


Fig. 21.9 Inkopplingsschemat för mottagaren.

Detta hänger samman med att viss kapacitansändring betyder en flera gånger större frekvensändring på kortvåg än på mellanvåg. Stationerna förefaller därigenom att uppta allt mindre del av avstämningsskalan och kommer skenbart att ligga tätare. Det blir därigenom svårare att avstämma mottagaren till en station, och samtidigt blir det svårt att skilja stationerna åt.

Det gäller därför att vara lätt på hand när man avstämmer apparaten. Och det gäller att hantera återkopplingsratten med stor skicklighet så att mottagaren alltid befinner sig *under* gränsen för självsvängning, där den inte endast uppvisar maximal känslighet utan också maximal selektivitet. Man får därför inrikta sig på att med ena handen på avstämningsskalan och andra handen på återkopplingsratten manövrera så att man får in den önskade stationen så starkt och så störningsfritt som möjligt.

22. Schema med variationer

När det gäller amatörbygge av radioapparater är det nästan alltid så att de komponentvärden som anges för apparaturen inte behöver tas så högtidligt. I många kopplingar kan man tillåta sig rätt stora avvikelser från uppgivna värden. Även om man med avvikelser från de angivna värdena får en förändring av arbetsförhållandena, kan dessa förändringar vara så obetydliga att de i praktiken inte spelar någon nämnvärd roll.

Nybörjaren på radioområdet vill gärna krampaktigt hålla sig till de uppgivna värdena på varje detalj i en koppling. Han tror att *alla* värden är kritiska och att de måste stämma exakt. Detta är emellertid inte alltid fallet, och man kan ofta vid radioexperiment ta sig rätt stora friheter ifråga om komponentvärdena. Detta gör onekligen experimenterandet trivsammare, alldeles frånsett det att man ofta kan ta till överblivna komponenter som man råkar ha liggande.

Vi skall i detta kapitel visa vilka avvikelser man kan tillåta sig i de i föregående kapitel beskrivna apparaterna, när det gäller val av material, och några schemavarianter man kan pröva.

Om vi till en början tittar på den i kap. 13 beskrivna enkla lokalmottagaren, kan vi exempelvis konstatera att kondensatorerna C1 och C2 kan ha andra värden.

C1 skall släppa fram den modulerade radiofrekventa signalspänningen från antennen men skall förhindra att antennens kapacitans

påverkar den avstämda kretsens ($C_v + L1$) avstämningssområde. Om man har en kort antenn, kan $C1$ vara mycket stor, t. ex. 1 000 pF, eller man kan t. o. m. koppla antennen direkt till punkten a på $L1$.

En extremt lång antenn med hög kapacitans kan man i stället koppla in på spolen $L2$ i punkten d, helst då via en kondensator på t. ex. 1 000 pF. Genom transformatorverkan $L2:L1$ kommer i detta fall antennkapacitansen transformerad till avstämningsskretsen $L1$ att bli ungefär $(1/3) \cdot (1/3) = 1/9$ av den som ligger över $L4$. Man kan även ansluta en lång antenn direkt till d, men riskerar då att få en hel del störande nätbrum in på detektorn. Men man kan lämpligen prova ut hur det är med den saken.

$C2$ skall släppa fram den högfrekventa signalen, dvs. endast ena halvperioden eftersom $D1$ spärrar den andra, och skall därför vid den mottagna radiofrekvensen ha låg reaktans jämfört med resistansen i framriktningen för dioden $D1$, som är av storleksordningen 100 ohm. Om vi utgår från att reaktansen för $C2$ skall vara något 10-tal ohm och antar att radiofrekvensen är 1 MHz, får vi enligt tabellen i kap. 7 fram att $C2$ bör vara ca 10 nF. Om $C2 = 10$ nF, blir reaktansen 15,9 ohm, och om $C2 = 0,1$ nF, blir den 10 ggr lågohmigare, dvs. 1,59 ohm.

Nu får inte $C2$ ha hur låg reaktans som helst, eftersom den demodulerade tonfrekventa signalspänningen som erhålls över hörtelefonerna annars dämpas. Om hörtelefonerna har resistansen 2 000 ohm, bör reaktansen för $C2$ vid högsta tonfrekvens som man vill ta emot, t. ex. 10 kHz, inte vara lågohmigare än ca 2 000 ohm. Man får då en knappt märkbar dämpning. En titt i tabell 7.6 ger vid handen att 10 nF vid 10 kHz har reaktansen 1,59 kohm. Tydligt bör man inte välja högre kapacitansvärde än ca 10 nF för $C2$, om man vill ha med toner upp till 10 kHz. Nöjer man sig med att toner upp till ca 3 kHz återges utan större dämpning, kan man uppenbarligen öka värdet på $C2$ till 33 nF.

Vi kan så ta en titt på avstämningsskondensatorn C_v . För rund-

radiolyssning är ca 500 pF ett lämpligt värde, eftersom man då kan täcka området 550—1 600 kHz med en spole (förutsatt att 0-kapacitansen i kretsen är ca 45 pF). En vridkondensator på ca 150 pF går emellertid lika bra att använda om man i stället ökar L1:s induktans till ungefär det dubbla, men frekvensområdet blir nu snävare: 550—1 100 kHz. Med oförändrad induktans i L2 får man frekvensområdet 800—1 600 kHz.

Måste C_v vara variabel? Nej, inte om man nöjer sig med en sändare, lokalsändaren; då kan man lika gärna ha en fast kondensator i stället för en variabel. Vilket kapacitansvärde C_v skall ha beror på vilken radiofrekvens man vill ta emot. Besked om det får man ur nomogrammen i kap. 10. Spolen L1 har induktansen 120 μH , och för Nackasändarens frekvens 773 kHz får vi ur nomogrammet kapacitansvärdet 330 pF. Beroende på vilken antenn man ansluter skall man tydligen ha någonting mellan 230 och ca 300 pF i avstämningsskretsen. Plats för experiment: sätt in 220 pF i avstämningsskretsen och lägg parallellt över 220 pF ett antal 22 pF keramiska små kondensatorer tills bästa mottagning erhålls. Eller prova med en stump ferritstav som spolkärna. För in staven mer eller mindre i spolstommen för L1 + L2. Induktansen hos L1 ökar ju längre in kärnan förs. I ett visst läge erhålls bästa mottagning. Därmed får man klart för sig om det behövs mera kapacitans i kretsen för att resonans skall erhållas vid lokalsändarens frekvens.

Prova med ferritantenn

Ett annat experiment med ferritantenner kan vara värt att pröva. På samtliga i boken beskrivna mottagare kan man utforma L1 och L2 på en spolstomme som kan förskjutas utefter en ferritstav, 10—15 cm lång. Se fig. 22.1. Spolstommen bör ha något större innerdiameter än ferritstaven och kan tillverkas av tunn kartong som lindas kring staven med klister mellan varje pappersvarv. Se kap. 19. Linda på L1 med ca 50 varv och L2 med ca 15 varv 0,22 mm tråd och förse

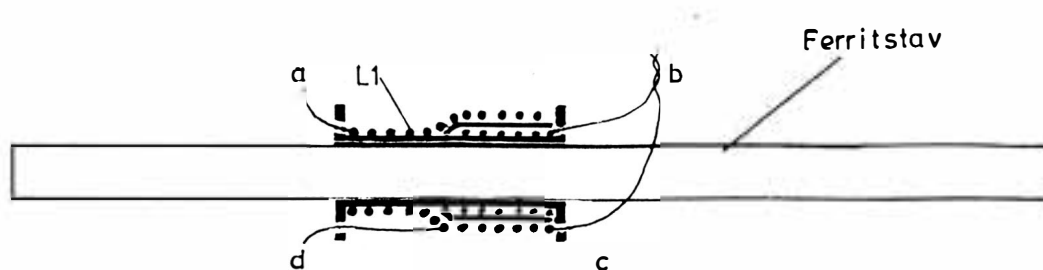


Fig. 22.1 Ferritantenn för mellanvåg kan användas i samtliga i boken beskrivna mottagare; spolarna L1 och L2 kan förläggas ungefär i mitten på staven.

båda spolarna med ca 10 cm långa tilledningstrådar. Löd in tilledningarna a, bc och d till kretskortet på det sätt som är angivet i monteringschema för resp. mottagare.

Ersätt nu C_v med en fast kondensator på t. ex. 220 eller 230 pF och förskjut L1 + L2 utesferritstaven, vars axel därvid måste hållas horisontell och helst också vinkelrät mot riktningen till den sändare som skall tas emot. Se kap. 14. I ett visst läge får man nu kanske resonans med den önskade stationens frekvens (stationen hörs då kraftigast); om inte, får man ändra den fasta avstämningsskondensatorns kapacitans och får göra en ny avsökning med L1 + L2 utesferritstaven.

Ferritantennen kan lämpligen monteras med ett par distansrör som skruvas fast vid universalkretskortet. Ett par nätsladdklämmor kan sedan användas för att fästa ferritstaven vid distansrören så som antyds i fig. 22.2.

Andra transistorer

Man kan mycket väl använda andra transistorer än i modellapparaten. LF-transistorn kan t. ex. bytas mot annan NPN-transistor, om man endast ser till att basförströmsmotståndet R7 ges sådant värde att kollektorströmmen genom R8 blir så stark att ungefär halva batterispänningen kan uppmätas över T2 (eller över R8).

”Bandspridning” på kortvåg

I kap. 21 omnämndes att varje station på kortvåg upptar mycket litet utrymme på skalan, vilket gjorde avstämningen litet besvärligare. Detta kan emellertid avhjälpas med s. k. bandspridning. I mottagaren i kap. 21 kan man åstadkomma bandspridning genom att koppla in en liten extra finavstämningskondensator parallellt över C_v . Denna kondensator kan utgöras av en kapacitansdiod. Med en kapacitansdiod kan man få en kapacitansvariation om ca 50 pF, vilket är ungefär lagom för finavstämningen. Det fordras också en extra potentiometer P2, med vars hjälp man kan variera spärrspänningen över D och därmed också kapacitansen i dioden. P2 monteras lämpligen på frontpanelen bredvid C_v och förses med en ratt.

Ett annat sätt att anordna bandspridning är att inkoppla en liten fast kondensator (C_o i fig. 22.4) exempelvis på 50—100 pF i serie med avstämningskondensatorn. Har man exempelvis en avstämnings-

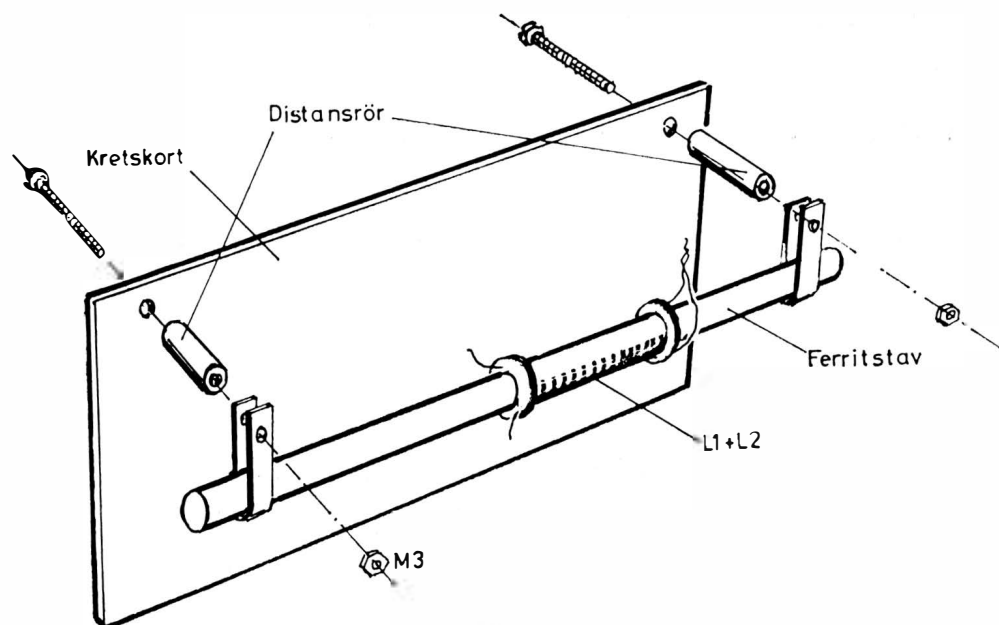


Fig. 22.2 Ferritantennen kan monteras på universalkretskortet på detta sätt.

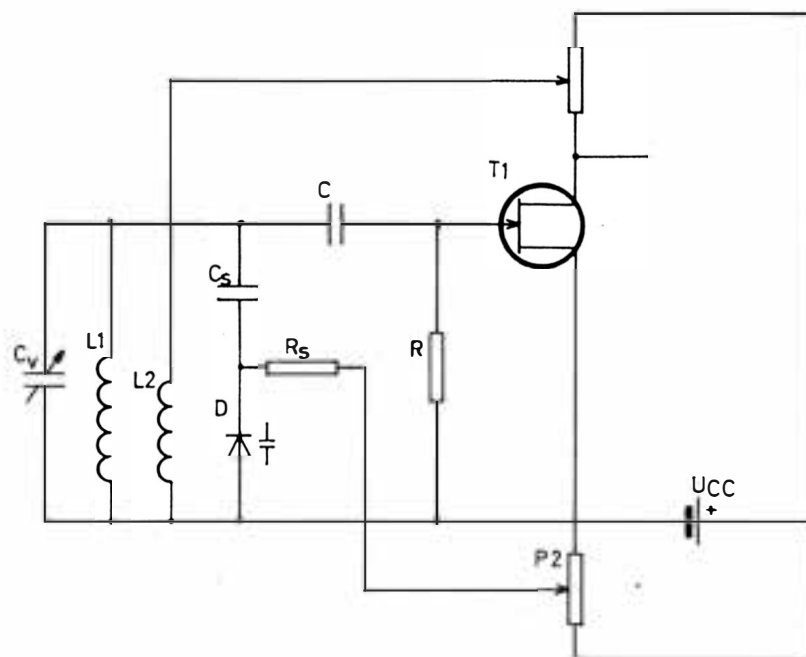


Fig. 22.3 Schema för in-koppling av bandspridningskondensator på kortvåg. D utgörs av en kapacitansdiod som förspännes mer eller mindre i backriktning. $C_S = 1 \text{ nF}$.

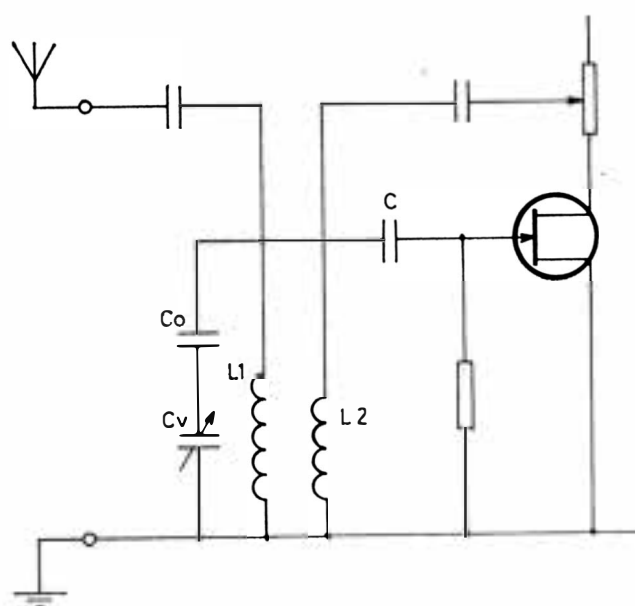


Fig. 22.4 En "förkortningskondensator" C_0 i serie med avstämningsskondensatorn C_v minskar kapacitansvariationen i denna och man får därmed viss bandspridning.

kondensator på 50—550 pF, blir kapacitansvariationerna efter in-kopplingen av seriekondensatorn ca 25—80 pF i kretsen. Avstämningssområdet blir snävare och förskjuts mot högre frekvenser, men man får effektiv bandspridning.

Kombinera kopplingarna

Det säger sig självt att man kan kombinera olika kopplingar som beskrivits i denna bok på olika sätt. Man kan exempelvis utnyttja de

integrerade förstärkarna i kap. 19 och 20 för att förstärka signalen efter detektorn i mottagaren i kap. 13, eller man kan ersätta LF-steget med transistorn T2 i mottagaren i kap. 17 med endera av de i kap. 19 och 20 beskrivna integrerade förstärkarna. Det gäller endast att se till att de integrerade förstärkarnas likströmsinställning inte rubbas. Det sker genom att man sätter in en kopplingskondensator mellan detektorn och den efterföljande förstärkarens ingång.

Grammofonförstärkare

Den integrerade förstärkaren i den i kap. 20 beskrivna snabbtelefonen kan användas som grammofonförstärkare om pick-up-en ansluts till förstärkaringången i stället för den inbyggda högtalaren. En dynamisk pick-up får lämplig bashöjning om P1 shuntas med ett motstånd på 3,3 kohm; vidare bör en "diskantsänkingskondensator" på ca 1 μ F (elektrolyt, 25 V) kopplas in i stället för C4 för att s.k. RIAA-korrektion skall erhållas.

En kristallpick-up bör anslutas via ett seriemotstånd på ca 220 kohm, däremot fordras inget shuntmotstånd över P1. Samma "diskantsänkingskondensator" som för dynamisk pick-up bör användas.

Uppenbart är att det finns stort spelrum för experiment när det gäller radiotekniska apparater. Det är kanske det som gör radioexperimenten särskilt roande: man kan göra avvikelser från schemat och försöka egna idéer. När man blir varm i kläderna kan man tillåta sig ännu större friheter och kommer då ifrån det själlösa kopieringsbyggandet, man blir "individualist med lödkolven". Så arbetade också amatörerna under "pionjärtiden", och de kom på mycket intressant och mycket nytt och lärde sig själva och teknikerna mycket av det.

Register

- amatörband på kortvåg 57
- amatörradio 9 f
- ampere (A) 73
- amperemeter 208
- anpassning 158
- anslutningspunkt 206
- antenn
 - extremt lång 276
 - för mellanvåg 176
 - sluten 177, 186
 - öppen 177, 205 f
- antennkapacitans 275 f
- apparatlåda 25, 170
- arbetspunkt 225, 237
 - stabilisering av 241
- arbetsspänning 237
- avkoppling 98
- avkopplingskondensator 98, 237
- avstämd krets 215
- avstämningskondensator 276
- avstämningskrets 161, 165
- avstämningsområde 276

- backriktning 147
- bandspridning på kortvåg 279
- bas 190 ff, 199
- bas-emitterdiod 193
- basförström 224
- baskontakt 199
- basmotstånd 193
- basskikt 192
- batteri 207
- belastningsmotstånd 194, 198
- blockschema 252
- borr, slipning av 26
- branthet 199, 221
- bägarkondensator 81
- böjtång 22

- cylinderspole
 - enkellagrig 114
 - trådlindad 112

- D-elektrod 196
- detektor 215
- detektortransistor 263
- dielektrikum 87
- diffusion 205
- diod 213, 230
- dipol 207
 - omvikt 207
- drain 196 f
- dubbelledare, skärmad 206
- DX-lyssning 10
- dämpning 188

- effektiv höjd 178 f
- effekttransistor 189, 199 f, 237
- effektöverföring, maximal 166
- elektriskt fält 177
- elektrolytkondensator 80, 87 f, 210
- elektromagnetiskt fält 177
- elektron 192
- elektronisk musik 16
- emitter 190 ff, 199, 205
- emittermotstånd 217
- experimentapparat 34
- experimentfoliekort 36
- experimentplattor 36

- fasvridning 188
- ferritantenn 186, 205, 211, 277 ff
- ferritkärna 241
- ferritstav 186, 240, 244
- fil 29
- filterkondensator 98
- flacktång 22
- flatkåpa 232

- flatpack 232
- FM-rundradiosändare 61
- FM-tillsats 14
- foliekort 16 ff, 33 ff, 48 ff, 229
 - lödning 48
- folieleddning 229
- foliespole 101, 120
 - tryckt 110
- formfaktor 112
- framriktning 191, 193, 269
- frekvens 51 ff
- fälteffekttransistor 196 ff, 212, 215, 222
- fältlinje, elektrisk 177
- fältstyrka 178, 222
- färgmärkning 67
- förstärkare
 - integrerad 237, 241, 249, 262
 - linjär integrerad 235
- förstärkarutgång 235

- gemensam-emitterkoppling 195
- genombrott 150
- germanium 142
- glimmerkondensator 80 ff, 98
 - färgkod 84 f
- godhetstal 119

- halvledardiod 142, 144 ff, 201, 215
 - verkningsätt 145
- halvledarkomponent 142, 229
- halvledarkondensator 91, 131, 142, 148 ff, 196, 230
- halvledarmaterial 142, 189 f
 - av N-typ 142 f
 - av P-typ 143
- halvledarmotstånd 230
- hem-ljudstudio 10
- henry (H) 101
- Herz (Hz) 56 f
- HF-drossel 109 f
- HF-förstärkarsteg 187
- HF-förstärkning 187
- HF-signalkomponent 269
- HF-spole 103
- HF-steg 187, 215, 217 f, 223, 262
- HF-transistor 269
- hi-fi-teknik 10
- huvudapparat 249 ff, 257
- hål 189
- hålpunch 26 f
- högfrekvens 215
- högfrekvensdrossel 109
- högfrekvensförstärkarsteg 187
- högfrekvensförstärkning 187
- högfrekvenssteg 187, 215
- högfrekvent signal 269
- högtalare 209
 - dynamisk 250
- högtalarlåda 249
- hörapparat 239
- hörtelefon 165, 187, 209

- impedans 155 ff
- impedansomsättning 155 ff, 166
- impedanstransformering 155
- indikatorlampa 208
- induktans 99 ff, 139 ff
- induktansspole 99, 211
 - hemmatillverkning av 116
 - med järnkärna 211
 - för lågfrekvens 105
 - trimbar 103
 - med trimbar kärna 211
- induktiv slinga 247 f
- induktor 99
 - cylinderformad 104
 - för lågfrekvens 110
 - parallellkoppling av 108
- inomhusantenn 184
- instabilitet 234
- integrerad halvledarkrets 19, 231
- integrerad krets 16, 213, 229 ff
 - linjär 236

- jordledning 183
- jordpunkt 183
- jordsättning 183
- järnkärna 151 f
- järnpulverkärna 103, 119

kalibrering 228
 kalibreringspunkt 228
 kallödning 41, 43
 kapacitans 79, 139 ff
 kapacitansdiod 89, 91, 148, 213
 kapacitansvärde 131
 kilohertz (kHz) 56
 kilohm (kohm, k Ω) 63, 73
 kiloperioder per sekund 55
 kisel 142
 kollektor 190, 192 ff, 205
 kollektorbatteri 194
 kollektormotstånd 217, 225
 kollektorområde 192
 kollektorplåt 199
 kollektorström 195
 kolpotentiometer 70
 kolskikt motstånd 68
 komponent
 — aktiv 188
 — passiv 188
 kondensator 79, 210, 229
 — keramisk 80 ff, 98
 — keramisk, färgkod för 83
 — variabel 89 ff, 131, 140
 — reaktans 93
 kontakthylsa 206
 kontaktstift 206
 konverter 13 f
 kopparplåt 183
 kopplingsschema 270
 kopplingskondensator 98
 kortvåg 57
 kortvågsområde 57
 kortvågsproblem 273
 kretskort 205, 214, 256
 kristalldetektor 187
 kristallmottagare 187
 kristall-pickup 249
 kvartskristall 213
 kylplåt 200
 körnare 25 f

 laddningsbärare 144, 189, 192 f
 laddningskondensator 269

L-antenn 179 ff
 ledare, skärmad 206
 ledningsmönster 33 ff
 LF-förstärkare 269
 LF-förstärkarsteg 188, 237
 LF-signal 269
 LF-steg 187 f, 215, 223 f
 LF-transistor 278
 likströmsförstärkningsfaktor 224
 lokalmottagare 163 ff, 215 f, 219
 lokalsändare 265, 277
 luftspole, trådlindad 101, 110
 lågfrekvens 215, 222
 lågfrekvensförstärkare 98
 lågfrekvensförstärkarsteg 188
 lågfrekvensförstärkning 188
 lågfrekvenssteg 188, 215
 långvågsband 57
 läckfält 104 f, 122
 lödharts 45
 lödkolv 41 ff
 lödkolvställ 47
 lödspets 45 ff
 — skötsel av 45
 lödstift 38 ff
 lödstjärt 38 ff
 lödställ 47 f
 lödtenn 41, 43 ff
 — med flussmedel 44
 lödverktyg 21
 lövsåg 27

 magnetfält 99 ff, 104
 magnetiskt fält 177
 megahertz (MHz) 56
 megaperioder per sekund 55
 megohm (Mohm, M Ω) 63
 mellanvågsband 57
 metallfilmsmotstånd 68
 metallsågblad 27
 mikroampere (μ A) 73
 mikrofara (μ F) 79
 mikrofon 208
 mikrohenny (μ H) 101
 mikrovolt (μ V) 73

milliampere (mA) 73
millihenry (mH) 101
millivolt (mV) 73
miniaturpotentiometer 71
minusskena 34, 270
modulchassidel 31
modulchassienhet 258
moduleringsspänning 187
moduluppbyggd apparat 29
monteringsplatta 19, 32 f, 39 ff
MOS-transistor 196
motkoppling 234, 255
motstånd 63, 209
— trådlindat 63, 68f
— med uttag 209
— variabelt 69
mottagare
— induktiv 243
— återkopplad 262
— selektivitet hos 167 f
MP-kondensator 85 f

nanofarad (nF) 79
nedledning, skärnad 181 ff
nollpotential 269
NPN-transistor 190 ff, 194, 196, 233
N-typ, halvledare av 189 ff, 224
närstörning 181
nätbrum 276
nätsång 248

ohm 63, 73
Ohms lag 63, 72 ff
omkopplare 205, 207

papperskondensator 85 f
parallellkoppling
— av kondensatorer 96 f
— av motstånd 76
parallellresonanskrets 109, 123 ff, 131
perioder per sekund 53, 55 ff
permeabilitetsavstämning 109
personsökare 239

personsökningsanläggning 239
pick-up 208
pikofarad (pF) 79
plastkondensator 85 f, 98
— metalliserad 87
plattång 21
plusskena 34
plåt, bockning av 27 ff
plåtarbeten, verktyg för 25 ff
plåtklipp 151 ff
plåtsax 26
PNP-transistor 190 f, 194 f
potentiometer 70, 209
— logaritmisk 70
— trådlindad 71 f
primärlindning 151 ff, 155, 157
principschema 201 ff, 237
privatradio 14 f
P-typ, halvledare av 189 ff

radiostyrning 16 f
radiostörning 185
radiotrafik
— rörlig 61
— sjöfartens 57
ramantenn 177
reaktans 93 ff
— för en kondensator 94
resistans 63, 73, 78
— resulterande 77
resistansvärde 155
resistor 61
resonansfrekvens 123 ff, 129
— mekanisk 123
resonanskrets 98, 123 ff, 141
resonansresistans 166
resonanstopp 127 f
rotor 89
rundradioband på kortvåg 57
rymdradiotrafik 62
rörkondensator 80
— keramisk 81

schemasymbol 201 f

schemavariant 275
 sekundärlindning 151 ff, 155, 157
 selektivitet 167
 S-elektrod 196 f
 seriekoppling
 — av kondensatorer 96 f
 — av motstånd 76
 serieresonanskrets 123 ff, 128 ff
 sidavbitare 21 f
 sidoapparat 249 ff, 259, 261
 signalspänning 165 f, 187, 217
 — modulerad 165
 — radiofrekvent 275
 självsvängning 263, 269
 skivkondensator, keramisk 81
 skjutmått 29
 skruvmejsel 23 ff
 skärmande hölje 104
 skärmburk 122
 småsignaltransistor 189 f, 195
 — standardhölje för 191
 snabbtelefon 249
 snabbtelefonsystem 252
 source 196 f
 spolbobin 101
 spoldiameter 112
 spole
 — luftlindad 101, 153
 — självbärande 101
 — tryckt 121
 — utbytbar 266
 spolstomme 101
 spänningsbarriär 143 ff
 spänningsdelare 69
 spänningsfall 74, 94, 225
 spärrskikt 144, 192
 spärrspänning 199
 stabilisering 237
 stabiliseringsnät 237
 standardresistansvärde
 — enligt E6-serien 65
 — enligt E12-serien 65
 starkströmsledning 186
 stator 89
 stavantenn 181
 stavmotstånd 63 ff, 74
 — färgkod för 66 f
 stiftnumrering 235
 strömbrytare 207
 strömförstärkning 233 f
 strömförstärkningsfaktor 193, 224
 strömtransport 189
 styrelektrod 196
 styre 196, 199
 störatom 143
 störning 265
 störningsdimma 181
 störsignal 265
 summer 240
 svängningsgräns 265
 symmetri 225
 säkring 208
 sändaramatör 9
 sändarantenn, vertikal 177
 sändarslinga 245
 tal/lyssningsomkopplare 249
 tantalelektrolytkondensator 87 f
 T-antenn 180 f
 tolerans 68
 tonfrekvens 187
 tonfrekvent signal 234
 toroidspole 104 f, 121
 — fribärande 122
 transformator 151 ff, 211
 — för lågfrekvens 153
 transistor 142, 188 ff, 201 ff, 212,
 230 ff,
 — bipolar 189 ff, 195
 — unipolär 189, 196, 199
 transistorförstärkare 194
 trimkondensator 92, 210
 trimpotentiometer 71 f
 tryckknappsomkopplare 260
 TV-DX 10
 TV-kanaler 61
 tång 21 f
 UHF 60
 UHF-TV-kanal 61

ultrakortvåg 60	volymkontroll 70, 220 f, 228, 243 f, 269
universalkretskort 30 ff, 34 ff, 169, 241, 243, 260, 270	vridkondensator 89 f, 131, 210, 228
uteffekt 233, 237	våglängd 51 ff
utomhusantenn 181	vågrörelse 53 f
utstyrningsområde 225, 265	växelström 55
uttag 160 f	
	ytskiktmotstånd 64
varvtalsomsättning 153 ff	
verktyg 21 ff	zenerdiod 150, 211, 213
Veroboardkort 36	
very high frequencies (VHF) 60	åskskydd 184
vilostrom 195	återkoppling 265, 263
vinkelböckning 28	återkopplingsratt 265
volt (V) 73	återkopplingsspole 262 f
voltmeter 208	
	överstyrning 265

John Schröder:

Bygg och lär **RADIOTEKNIK 1**

är lika mycket en hobbybok som en lättfattlig, praktiskt inriktad introduktion i radioteknik.

Först orienteras om rent praktiska saker som rör radiobygge, verktyg, lödning och kretskort. Därefter visas hur radiokomponenter som motstånd, kondensatorer och induktansspolar ser ut och hur de fungerar; vidare förklaras viktigare radiotekniska begrepp. Som tillämpning beskrivs sedan i detalj ett antal enhetligt utformade — och lätt utbyggbara — apparater med anknytning till radio. Läsaren får en god orientering om verkningssättet och samtidigt tips om schemavarianter och experiment.

Byggobjekt i del 1

- En enkel lokalmottagare.
- Förstärkare till lokalmottagaren
- Lyssna-tyst-till-TV-apparat.
- Snabbtelefon.
- Enkel mottagare för kortvåg.

Byggobjekten är grundligt utprovade och lätta att bygga. De finns i byggsatser och är lätta att komplettera och "bygga på".

Bygg och lär —serien

för radioteknik och elektronik är en lustbetonad och lättfattlig kurs i radioteknik och elektronik. Den omfattar fem böcker:

- 1 Bygg och lär radioteknik 1
- 2 Bygg och lär radioteknik 2
- 3 Bygg och lär hi-fi-teknik.
- 4 Bygg och lär elektronik.
- 5 Bygg och lär mätteknik.

Gemensamt för böckerna i denna serie är den praktiska inriktningen och den pedagogiska utformningen. Parallellt med utförliga beskrivningar av apparater som vem som helst kan bygga genomgås utförligt och lättfattligt apparaternas verkningssätt.

Bygg själv — lär lätt

Bygg och lär-seriens böcker är genomgående upplagda så att de stimulerar till självstudier och egna experiment. Sådan verksamhet ger en ovärderlig praktisk erfarenhet av de byggstenar som ingår i all radioteknisk och elektronisk apparatur. Bygg-och-lär-seriens böcker utgör därför en utomordentlig introduktion till framtidens teknik, *elektroniken*.